ISSN 0388-841

BULLETLN
OF THE
NANSEI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

NO. 20

南西海区水産研究所研究報告

第 20 号

昭和61年3月
南西海区水産研究所
広島県大野町

NANSEI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY
FISHERIES AGENCY
ŌNO-CHŌ, HIROSHIMA-KEN, JAPAN

March 1986

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 20, 1985

南西海区水産研究所研究報告

第 20 号

目　　次

別途発表業績

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 20, 1986

サルボウ養殖種苗の塩分耐性

福原　修・WASPADA*・梅沢　敏・野上和彦

Salinity Tolerance of Half-crenata Ark *Scapharca subcrenata*

Osamu FUKUHARA, WASPADA*, Satoshi UMEZAWA and Kazuhiko NOGAMI

The salinity tolerance and resistance of *Scapharca subcrenata* were investigated using wild-caught and artificially reared specimens in the laboratory. Salinities less than 5 ‰ were beyond the tolerance of the species for both reared and wild-caught specimens. Difference of salinity tolerance were observed with sizes of examined *S. subcrenata* between 10 ‰ and 15 ‰; wider tolerance for the smaller ones. Salinities higher than 15 ‰ could be tolerated except for the larger size of 36–40 mm shell length. No marked difference was found for reared and wild-caught specimens in salinity tolerance.

サルボウ *Scapharca subcrenata* は，フネガイ科の二枚貝で近縁種のアカガイとならんで瀬戸内海における重要な養殖対象種の一つである。古くから内海各地でその養殖がなされてきたが，近年大量へい死がしばしば発生し，養殖の安定化に大きな障害となっている（南西海区水産研究所 1984)。本研究はこれらの原因究明の一環として，養殖種苗の生物学的な基礎知見を固めるため，まず塩分に対する耐性について吟味を行った。本種の塩分耐性については，田中（1956）が低調海水における開殻運動について，村地・古川（1958）が稀釈海水に対する成貝の血液比重とへい死について報告しているにすぎない。養殖種苗の質や環境耐性などについては，採苗した年あるいは大きさ，さらには天然産種苗と人工産種苗による相違など不明な点が多い。本報告ではこれらの点について1983年から1985年にかけて行った実験結果について報告する。

実験の実施にあたって供試貝の入手にご協力いただいた佐賀県有明水産試験場，山口県内海水産試験場および岡山県水産試験場の方々に対して感謝の意を表する。

材料および方法

実験に用いた貝は，天然海域で採苗および採捕したもの（天然種苗）と，山口県内海水試で有明海産のサルボウを母貝として室内で人工種苗したもの（人工種苗）である。各年の供試貝と実験期間の詳細は次のとおりである。

1983年：佐賀県有明海において天然採苗されたものを，４月14日実験室に運搬した。実験期間は４月26日から５月19日。

1985年９月17日受理，南西海区水産研究所業績第172号，〒739-04 広島県佐伯郡大野町
*Research Station for Coastal Aquaculture, Bojonegara, Serang, INDONESIA

1984年：大分県中津地先にて採捕したものを11月8日に運搬した。実験期間は12月12日から12月27日。

1985年：天然種苗は1983年と同様に有明海産。4月17日に運搬。人工種苗は山口県内海水産試験場において育成された稚貝を4月17日に搬入した。実験期間は5月23日から6月18日。

いずれの年も搬入した貝は，数週間室内水槽で馴化飼育した後大きさをできるだけ揃え，1983年は1実験区に20個，1984年と1985年はそれぞれ10個ずつを各塩分段階に設定した水槽と実験時の自然海水（対照区）の水槽に収容した。供試貝の測定は，殻長（SL），殻高（SH），殻幅（SB），全重量（TW）の項目についてキャリパーと電子天秤を用いて行い，実験中にへい死した場合はその時点で，へい死しなかった場合は最終取上げの日に行った。

実験水槽は，直径20cm×深さ10cmの透明プラスチック水槽（1983年）と直径20cm×深さ10cmのガラス水槽（1984，1985年）を使用し，常時充分な通気を行った。また，蒸発を防ぐため蓋をした。1983年は自然条件下で1984年と'85年は恒温条件下で実施した。

使用海水は，濾過海水と水道水を用いて各塩分段階に調整し，実験に必要な充分量を対照区と共に 100 l 水槽に保存した。恒温条件での実験では，各塩分に調整した交換用海水は前日から同一水温にした。各実験の海水は，毎日交換し，交換時に水温，溶存酸素量（YSI DO計使用），塩分（HAMON ST計使用）を測定した。

供試貝の生死の判別は，毎朝観察し衰弱した個体については解剖針で外套膜，足部を刺激し全く反応しない場合にへい死とみなした。

実験はいずれも2系列（シリーズ A，B）で行った。

結　　果

1983年：サルボウ稚貝の塩分耐性について，大略の致死濃度を知ることを目的として，低塩分から高塩分まで12段階（1.7,2.5,5,10,13,16,19,21,25,29,31,33‰）に設定した。　供試貝の大きさは殻長で約12～14mmである（Appendix table 参照）。

水温は14.3°～19.5°C の間で変化した。Fig. 1 に供試貝のへい死経過を示した。両シリーズとも1.7～5.0‰の区では3～4日目からへい死が始まり6日目に全個体がへい死した。10‰ではシリーズAで45%，Bで55%のへい死が見られた。10‰では生残った貝は6日目頃からが実験水槽内壁に付着する様になり，外部からの刺激（接触，陰影）に対して反応し馴化の様相を呈した。これらのことから4日以上へい死がみられず上述の様な状態を示した場合は，馴化したものと判断された。21‰で1個体原因不明のへい死が見られたが，その他の区ではへい死は見られなかった。

以上の結果から約10‰の塩分が半数致死濃度であることが明らかになった。

1984年：'83年の結果から10‰以上の塩分を中心に6段階（3,10,15,20,25,31‰）についてやや大型の貝を用いて実施した。供試貝の大きさは，殻長で36～40mmの範囲である（Appendix table 参照）。水温は恒温装置を使用したため15.0±0.5°C で大きな変動はみられなかった。塩分

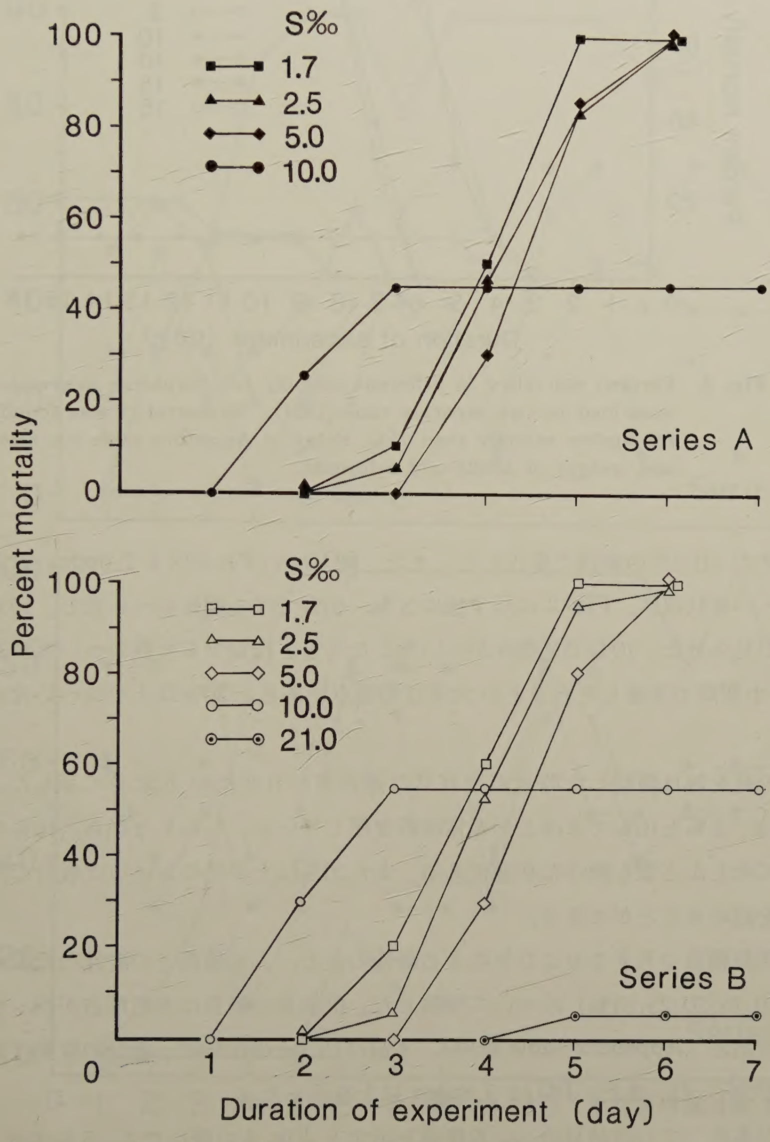


Fig. 1. Percent mortality in different salinity for *Scapharca subcrenata* examined in two separate runs (1983). No mortality was observed in other experimental lots. Refer to Appendix table for body dimensions of shells used and salinities.

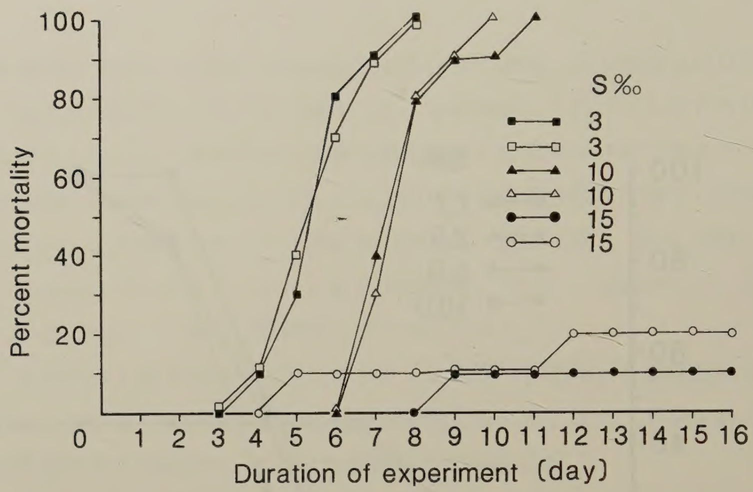


Fig. 2. Percent mortality in different salinity for *Scapharca subcrenata* examined in two separate runs (1984). No mortality was found for higher salinity than 15‰. Refer to Appendix table for size and weight of shells and salinities.

は各設定濃度の±0.2%の範囲で変化した。また，DO はいずれの区も 7.0ppm 以上を維持した。

供試貝のへい死状況は，Fig. 2 に示す様に 3 ‰，10‰では全個体がへい死し，15‰で10%と20%のへい死が見られた。10‰で全個体がへい死したことと15‰でも少数のへい死が認められることが '83年に小型貝で実施したときとの大きな相違点である。20‰以上ではへい死が見られなかった。

各実験区の貝を毎日観察した時点の生存貝の開殻率の日変化を Fig. 3 に示した。両シリーズ（A，B）とも，3 ‰と10‰ではほとんど常時殻を閉じている。しかしながら，15‰では低塩分区とは対照的にほとんど殻を開けた状態である。また20‰以上の区においては数日の間隔で殻の開閉に周期性を認めることができる。

1985年：天然種苗の大きさおよび年による耐性の差と，人工種苗との耐性の比較を目的として 6 段階（5,10,15,20,25,31‰）について実施した。供試貝の殻長は天然種苗が18～19㎜，人工種苗が約12㎜である（Appendix table 参照）。水温は16.0±0.5°C で，塩分の変動は設定濃度の±0.1%の範囲であった。また，DO は 5.8ppm 以上を示した。

以上の様な条件下での供試貝のへい死経過を示すと Fig. 4 の様になる。5 ‰では天然種苗．人工種苗共全個体がへい死したが，後者が 1 ～ 2 日程度遅く全滅している。10‰では天然種苗は80～90%へい死したが，生残個体は以後最後までへい死しなかった。一方，人工種苗は11日目頃から少しづつへい死が始まり21日目まで続いたが，以後へい死は見られなくなり，そのへい死率はシリーズ A と B との間で30%の差が生じた。15‰以上の実験区ではいずれもへい死は見られなかった。また，15‰以上と10‰で生き残った天然および人工種苗は，前述した様に水槽壁に付着し，解剖針による刺激に対してもすばやく反応した。

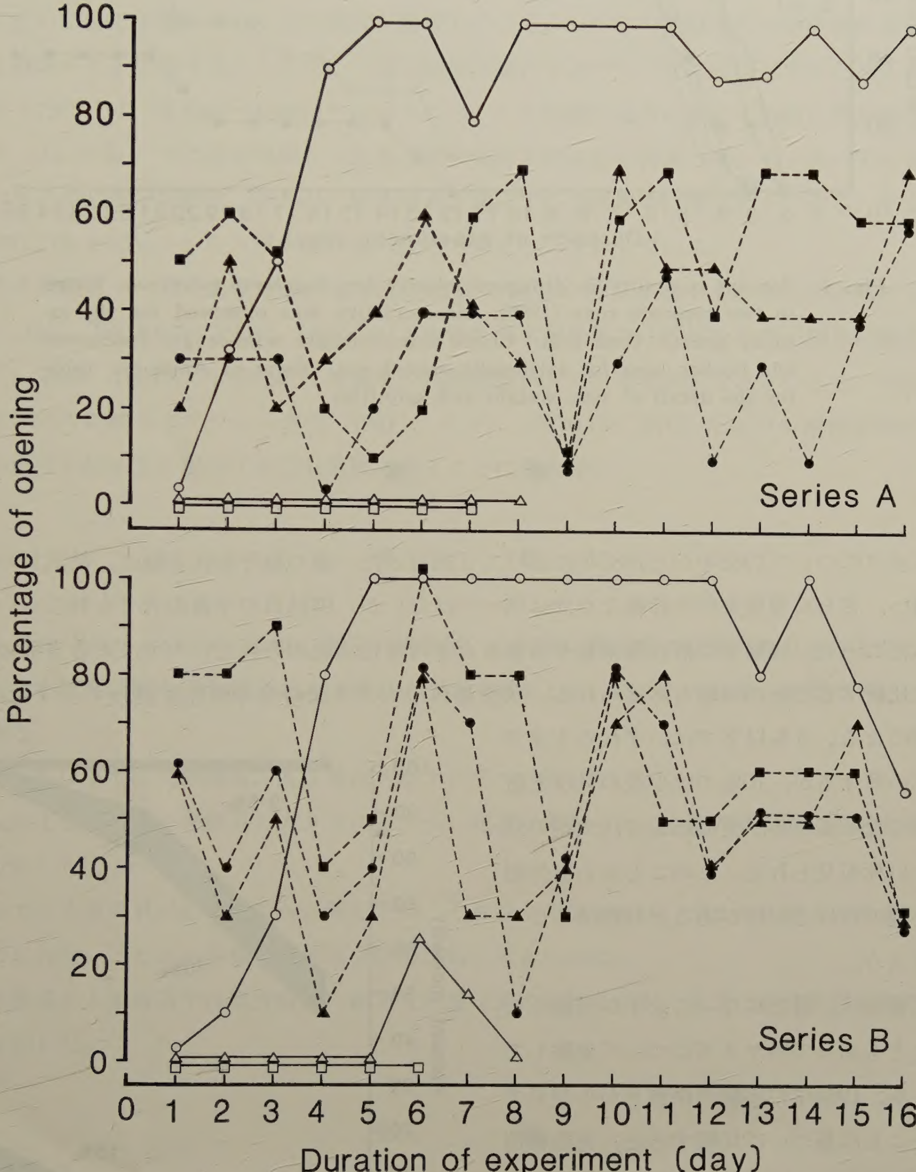


Fig. 3. Percent of valve opening for shells maintained in different salinity(1984).
□ 3‰, △ 10‰, ○ 15‰, ■ 20‰, ▲ 25‰, ● 31‰ (control).

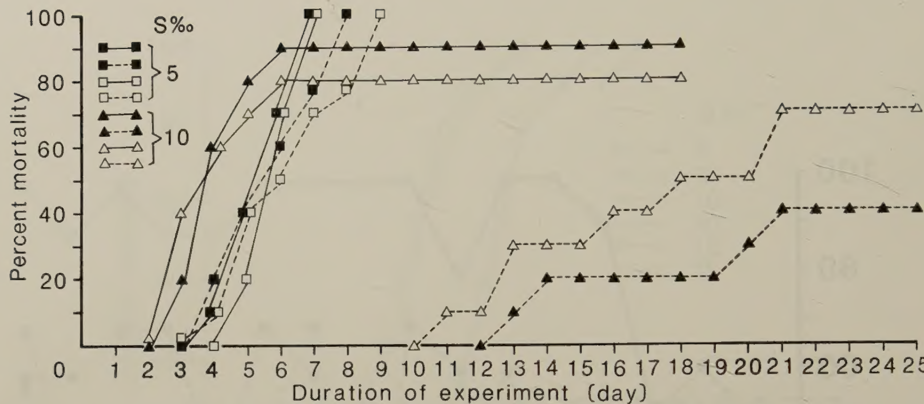


Fig. 4. Percent mortality in different salinity for *Scapharca subcrenata* tested in two separate runs (1985). No mortality was observed for the salinity greater than 10‰. Closed lines indicate wild-caught specimens and broken ones for artificially reared one. Refer to Appendix table for the detail of size, weight and salinities.

考　　察

サルボウについて1983年から1985年にかけて3回行った一連の塩分耐性実験は，供試貝の産地や取扱い，さらに環境条件の詳細な点では同一ではないが，供試貝の予備飼育でも特にへい死しなかったことや，実験中の溶存酸素量や水温も大きな変化は認められないので，大きさ別の耐性として比較することが可能と考えられる。天然種苗の大きさ別の塩分耐性を表わすと Fig. 5 に示す様になる。5‰以下ではいずれの大きさでもへい死するが，10‰では小型の貝ほど耐性が高くなっている。更に15‰では大型の貝のみへい死が見られる。このことから塩分耐性は小型の貝ほど耐性があると判断することができよう。

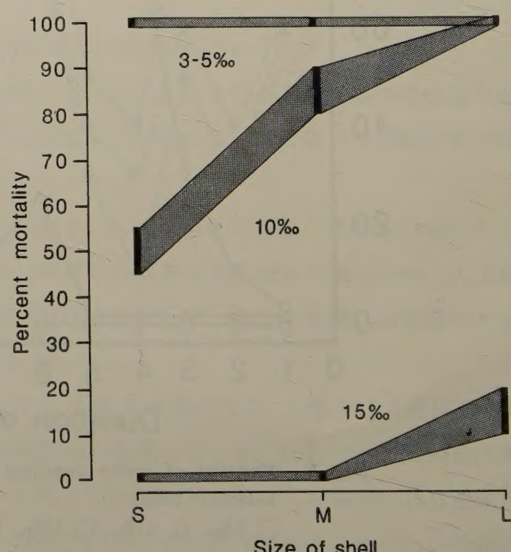


Fig. 5. Relationship between percent mortality and size of *Scapharca subcrenata* examined in different salinity. S, 12～14mm SL ; M, 18～19mm SL ; L, 36～40mm SL.

人工種苗は，最近になって入手が可能になったこともあって各サイズについて実験していないが，1985年の実験の供試貝が小型貝であったことに基づいて比較すると，天然種苗と同様に致死塩分は10‰前後以下と考えられるが，天然種苗は10‰で80～90％のへい死に対し，人工種苗は40～70％（Fig. 4 参照）とバラツキが大きいのが顕著な相違点である。また，1985年の実験結果にみられた人工種苗の5‰におけるへい死時期の遅れや，10‰に

おける低いへい死率は，水研地先で行った養殖試験の結果*で人工種苗の生残率が高かったことと合わせて考えると，種苗の耐性の差かあるいは供試貝の大きさに起因すると考えられる。

供試貝の殻の開閉は，全個体へい死した塩分（5～10‰）ではほとんど殻を開けることがない。田中（1956）の例でも10.21‰では15～22㎜のサルボウは殻を閉じている。今回の実験では耐性限界に近い15‰では逆にほとんどの個体が開殻している。しかし，数日後には排泄物に血液が混入する個体が若干出現することから，一部の個体は馴化できずへい死に至ると考えられる。村地・古川（1958）は，殻長32～46㎜のサルボウについて7段階の塩分における血液比重を調べ，40％海水（13.21‰）では殻を閉鎖して海水の侵入を防ぎ軟体部を保護していると述べている。これらのことから殻の閉鎖は，明らかに耐性限界を起えている場合の防衛反応といえる。また，サルボウは13‰と15‰のかなり狭い塩分差に反応できることを示している。

海産の貝類は，一般に希釈された海水中では鰓や繊毛の活力は低下することが知られている（田中　1955，GHIRETTI 1966)。逆にシジミの様な淡水産貝類では低塩分の方が鰓片の繊毛活力は高い（田中　1984)。生理的には浸透圧の調整機能が貝の生死を決定するといえる。今回実施したサルボウに限らずアサリ（倉茂　1941)，イガイ（WALLIS 1976）などでも耐性限界が生息水域の塩分の約50％に相当する15‰前後にあることは興味深い。

要　　　約

サルボウ *Scapharca subcrenata* 種苗の増養殖への利用に際しての基礎的知見を得るため，塩分に対する耐性試験を天然種苗と人工種苗について実施した。得られた結果の概要は下記のとおりである。

塩分5‰以下では天然種苗，人工種苗ともすべてへい死した。

10‰および15‰では供試貝の大きさによりへい死率が異なった。小型の貝が低塩分耐性が高い傾向を示した。

15‰では大型の貝がわずかにへい死したが，それ以上の塩分ではいずれの大きさの貝もへい死は認められないことから本種の致死塩分は約15‰と考えられた。

天然種苗と人工種苗では塩分耐性に顕著な相違は認められないが，後者は耐性範囲がやや広い傾向を示した。

文　　　献

F. GHIRETTI, 1966 : Respiration. In "Physiology of Mollusca" ed. KARL M. WILBUR and C. M. YONG, Academic Press, 172-208.

倉茂英次郎，1941：海水塩分の変化に対する朝鮮産アサリの抵抗性，日本海洋学会誌，1(1/2)，20—41.

村地四郎・古川哲三，1958：サルボウ（モガイ）の稀釈海水に対する抵抗性について，水産増殖，6(2)，35—40.

*野上和彦・梅沢敏・福原修，未発表

南西海区水産研究所，1984：サルボウのへい死要因解明のための養殖試験（Ⅲ），pp. 42.

田中弥太郎，1956：有用二枚貝の生活力に及ぼす低調海水の影響，有明海研究報告，(3)，24—29.

田中弥太郎，1984：ヤマトシジミの塩分耐性について，養殖研報，(6)，29—32.

田中弥太郎，1955：マガキ及びスミノエガキの纖毛運動に及ぼす低調海水の影響，有明海研究報告，(2)，1—5.

R. L. WALLIS, 1976 : Aspects of the Thermal Tolerance of the Tropical Mussel *Trichomya hirsuta* L. —A Multivariable Approach, Aust. J. Mar. Freshwater Res., **27**, 475–486.

Appendix table. Records of measurement for *Scapharca subcrenata* used in experiment in 1983, 1984 and 1985. Totally 20 samples were collected at random for measurement from each lot in 1983. All specimens were measured in 1984 and 1985. Upper, mean; lower, minimum and maximum; SL, shell length; SH, shell height; SB, shell breadth; TW, total weight.

1983

Lot / Items	A B C / A′ B′ C′	D E F G / D′ E′ F′ G′	H I J K / H′ I′ J′ K′	L	L′
SL(mm)	14.4	12.8	13.3	14.4	12.8
	13.0～16.3	10.2～16.0	10.2～15.1	13.0～16.3	10.2～16.0
SH(mm)	11.1	10.0	10.3		
	9.8～12.6	8.2～12.9	8.0～12.2		
SB(mm)	8.7	7.5	8.1		
	7.5～9.8	5.9～10.2	6.1～10.2		
TW(g)	0.87	0.59	0.7	0.87	0.59
	0.62～1.18	0.29～1.19	0.34～1.07	0.62～1.18	0.29～1.12

A, A′=1.7‰, B, B′=2.5‰, C, C′=5‰, D, D′=10‰, E, E′=13‰, F, F′=16‰, G, G′=19‰, H, H′=21‰, I, I′=25‰, J, J′=29‰, K, K′=33‰, L, L′=31‰(control)

Series A, lots A～L ; Series B, lots A′～L′

Items \ Lot	A	A′	B	B′	C	C′
SL(mm)	40.8	39.3	38.3	39.2	38.1	39.9
	36.9~46.1	36.9~42.2	34.6~42.9	36.0~41.6	34.8~40.2	38.0~42.5
SH(mm)	33.0	33.4	32.1	32.0	32.3	33.8
	27.0~39.0	29.8~39.7	27.2~37.5	28.9~34.0	29.5~35.1	32.5~36.1
SB(mm)	28.6	27.6	27.2	27.4	27.2	27.7
	25.2~32.9	25.1~29.5	24.0~31.0	24.4~30.2	24.5~29.6	26.1~32.0
TW(g)	21.72	20.11	19.91	20.59	19.87	21.13
	15.34~26.44	14.81~24.10	14.79~29.3	13.94~28.16	13.27~24.0	14.25~28.95

Items \ Lot	D	D′	E	E′	F	F′
SL(mm)	39.3	37.9	38.2	38.7	36.8	38.9
	33.9~44.5	33.9~41.9	35.8~43.3	32.0~42.5	34.0~39.1	36.8~41.0
SH(mm)	32.7	32.3	31.5	32.0	30.0	32.3
	29.5~37.2	29.4~34.5	29.1~34.2	26.9~34.0	27.8~32.1	31.1~34.4
SB(mm)	26.7	26.5	25.9	26.6	24.6	27.1
	23.8~29.4	23.1~30.2	23.8~29.0	22.8~29.0	22.9~26.1	25.5~29.0
TW(g)	20.08	18.85	18.19	19.36	16.01	19.96
	14.51~25.67	13.41~25.38	14.3~24.6	11.7~23.8	12.4~19.3	17.2~23.3

A, A′=3‰, B, B′=10‰, C, C′=15‰, D, D′=20‰, E, E′=25‰, F, F′=31‰(control)
Series A, lots A~F; Series B, lots A′~F′

1985 (Wild)

Items \ Lot	A	A′	B	B′	C	C′
SL(mm)	18.0	19.0	18.9	18.4	17.8	19.2
	15.0〜22.0	17.5〜20.1	17.9〜20.5	17.5〜20.0	17.3〜19.0	17.4〜21.0
SH(mm)	14.4	15.5	15.1	14.3	14.1	15.6
	12.3〜17.5	14.0〜16.9	13.9〜16.1	13.2〜16.2	13.2〜15.0	14.0〜17.9
SB(mm)	11.2	12.2	11.7	11.7	10.9	12.0
	9.5〜13.5	11.2〜13.7	10.3〜12.6	10.2〜13.3	10.0〜11.8	10.8〜13.2
TW(g)	1.94	2.39	2.18	2.12	1.75	2.27
	1.2〜3.4	1.9〜2.9	1.8〜2.6	1.6〜2.8	1.46〜1.93	1.75〜2.9

Items \ Lot	D	D′	E	E′	F	F′
SL(mm)	17.8	19.0	19.2	18.8	18.6	18.8
	15.3〜20.3	17.8〜20.0	17.1〜20.6	16.9〜22.0	17.2〜21.1	17.5〜20.2
SH(mm)	14.1	14.7	15.4	14.9	15.0	14.8
	11.7〜16.9	13.6〜16.3	13.2〜18.0	13.9〜16.3	13.3〜17.1	13.9〜16.2
SB(mm)	11.0	11.5	11.8	11.3	11.3	11.6
	8.9〜13.5	10.3〜13.1	10.0〜12.6	10.3〜13.0	9.9〜12.9	10.2〜12.9
TW(g)	1.76	1.99	2.31	1.98	1.96	2.04
	0.94〜3.0	1.61〜2.43	1.36〜2.91	1.56〜2.76	1.59〜2.8	1.70〜2.67

A, A′=5‰, B, B′=10‰, C, C′=15‰, D, D′=20‰, E, E′=25‰, F, F′=31‰(control)
Series A, lots A〜F; Series B, lots A′〜F′

1985 (Reared)

Items \ Lot	A	A′	B	B′	C	C′
SL(mm)	12.2	11.8	12.8	12.3	12.2	13.6
	10.0～14.2	10.1～14.0	10.8～15.5	11.2～14.2	9.9～14.5	11.8～15.1
SH(mm)	9.6	9.4	10.1	9.5	10.0	10.7
	7.4～12.0	7.8～11.9	8.9～12.2	9.2～10.9	8.2～11.9	9.5～12.2
SB(mm)	6.7	6.8	6.8	6.5	6.6	7.5
	4.6～8.6	5.5～8.3	5.4～8.8	5.6～7.8	5.2～8.5	6.3～8.4
TW(g)	0.58	0.53	0.57	0.46	0.54	0.74
	0.2～0.9	0.3～0.9	0.25～1.15	0.28～0.69	0.27～0.87	0.51～0.96
Items \ Lot	**D**	**D′**	**E**	**E′**	**F**	**F′**
SL(mm)	12.3	11.8	12.1	12.3	12.4	11.7
	10.5～13.5	10.3～13.2	10.5～13.5	10.2～13.5	10.8～14.5	10.8～12.5
SH(mm)	9.7	9.6	9.6	9.7	9.6	9.4
	8.7～10.3	7.9～10.9	8.3～11.5	7.5～11.2	8.6～10.9	8.6～10.3
SB(mm)	6.5	6.4	6.3	6.5	6.5	6.3
	5.3～7.0	5.0～7.5	5.5～7.5	4.9～7.5	6.0～7.2	5.8～6.9
TW(g)	0.52	0.49	0.5	0.53	0.52	0.44
	0.30～0.72	0.30～0.69	0.35～0.76	0.25～0.69	0.37～0.79	0.33～0.53

A, A′=5‰, B, B′=10‰, C, C′=15‰, D, D′=20‰, E, E′=25‰, F, F′=31‰(control)
Series A, lots A～F; Series B, lots A′～F′

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 20, 1986

周防灘産カレイ類の分布・移動・棲み分け

正木康昭・伊東　弘・山口義昭・東海　正

Distribution, Movement, and Segregation Habitat of the Flatfishes in Suō-Nada of the Western Seto Inland Sea.

Yasuaki MASAKI, Hiroshi ITO, Yoshiaki YAMAGUCHI, and Tadashi TOKAI

Distribution and movement of japanese flounder (*Limanda yokohamae*, GÜNTHER) and stone flounder (*Kareius bicoloratus*, BASILEWSKY) were estimated by taking the monthly density distribution of the commercial catch (Kg) per one Km^2 trawled by species by fishing type (Small trawl "Teguri type" 2, 3) in Suō-Nada of the Western Seto Inland Sea during the period 1978 to 1983. Further, segregation habitat among japanese, stone, and finespotted flounders (*Pleuronichthys cornutus*, TEMMINCK *et* SCHLEGEL) was also recognized based on the same materials.

Japanese and stone flounders come into Suō-Nada from Iyo-Nada in September—October and in August—September, and come out February and January, respectively. That is, either season of going in and out of Suō-Nada of japanese flounder was later than stone flounder's one.

In spite of the different phase in the monthly density distribution, on the whole, main habitat of stone, japanese, and finespotted flounders was the western, central, and eastern part of Suō-Nada, respectively.

A phenomenon of segregation habitat among japanese, stone, and finespotted flounders was concluded, however, factors of the cause must be make clear in futur.

1983年に周防灘で漁獲された魚類は14,045 t である（中国四国農政局統計情報部 1985)。そのなかで，カレイ類は2,479 t （約18％）であり，「その他の魚類」の6,143 t に次いで第2位である。漁獲されているカレイ類は主としてマコガレイ（*Limanda yokohamae*, GÜNTHER)，イシガレイ（*Kareius bicoloratus*, BASILEWSKY)，メイタガレイ（*Pleuronichthys cornutus*, TEMMINCK *et* SCHLEGEL）の3種であるが、これらの魚種別漁獲量統計はない。1972年以降，周防灘におけるカレイ類の漁獲量は減少傾向にあり，資源の悪化が考えられる。

周防灘産メイタガレイの分布，移動，系統群に関しては正木・伊東（1984 a，b）が報告している。マコガレイとイシガレイの分布と移動に関しては，標識放流調査（山口内海水試1973, '74；富山・陣之内1974；藤他1974；香川県水試他1974, '75；大分県浅海漁業試1974 a， b；大分県他1985)，幼稚魚の季節的出現（香川県他1975；伊東他1984)，漁獲分布密度の季節的変化（山口他1982, '83)，過去の知見に基づいて想定された移動結果（山口県他1975）等の報告がある。しかし，これらの結果は周防灘の一部の水域からの資料に基づいたものが多く，周防灘全域

1985年9月18日受理，南西海区水産研究所業績第173号，〒739-04 広島県佐伯郡大野町

について周年にわたった調査結果から考察されたものではない。

1984年から周防灘産カレイ類の漁業管理に関する研究が開始されたが，マコガレイ，イシガレイ，メイタガレイの漁業・資源生物学的研究は未だ不十分である。

本研究は，マコガレイとイシガレイの季節的，地理的分布と移動の様子とメイタガレイを含むカレイ類3種の棲み分けを明らかにすることによって，カレイ類の資源・漁業管理に資することを目的として行った。

この研究を進めるに当って，山口県内海水産試験場次長原　健一氏，同場専門研究員檜山節久氏には標本の入手に御協力を賜った。

また，報告をまとめるに当って，南西海区水産研究所内海資源部長尾形哲男氏の御校閲を賜った。ここに記して厚く御礼申し上げる。

資料および方法

本報告で用いた資料は，1978～'82年までの瀬戸内海資源調査結果と1980～'83年の間に山口県床波，秋穂，向島，平生を基地とする小型底びき網漁業者に依頼して得た8隻の操業日誌を用いた。漁法別（手ぐり2，3種），月別，魚種別（マコガレイ，イシガレイ，メイタガレイ），漁場別，漁獲量（kg）とひき網面積を用いて緯経度5分桝目内における1 km²ひき網面積当り漁獲量（kg）を計算した。

結　　果

周防灘における小型底びき網漁業（手ぐり2，3種）の操業禁止水域は，大分県，福岡県，山

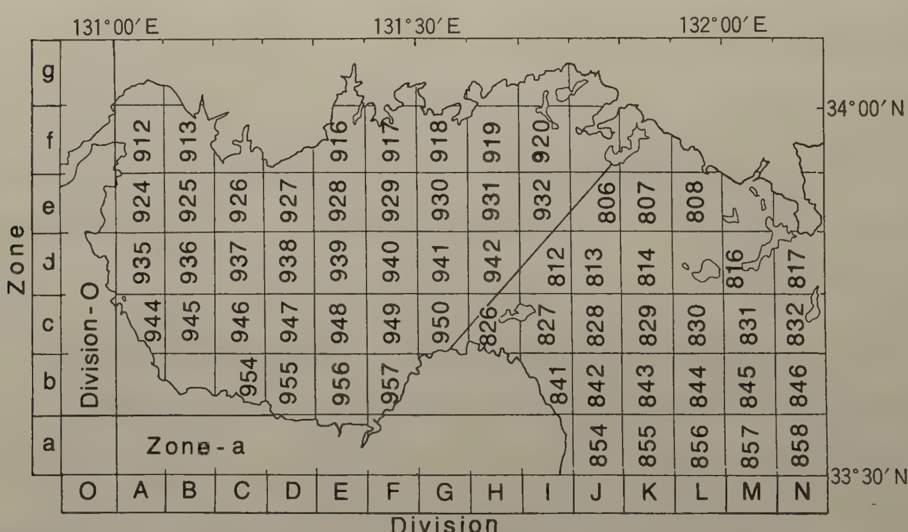


Fig. 1. Geographical breakdown of fishing areas, zones, and divisions of the Western Seto Inland Sea.

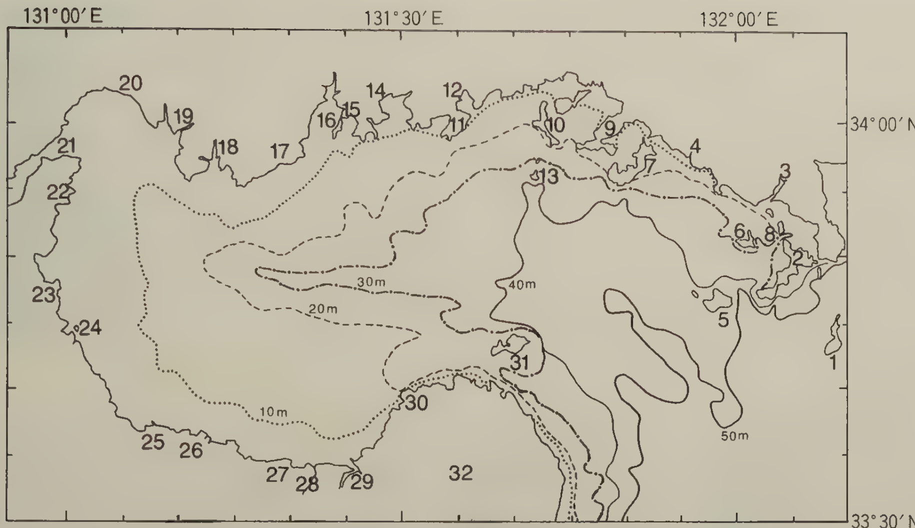


Fig. 2. The Western Seto Inland Sea indicating place names in the report. 1 : Ya Shima(Isl.), 2 : Naga Shima(Isl.), 3 : Hirao, 4 : Hikari, 5 : Iwai Jima(Isl.), 6 : Ushi Jima(Isl.), 7 : Kasado Jima(Isl.), 8 : Sago Jima(Isl.), 9 : Oshima, 10 : Ōtsu Jima(Isl.), 11 : Mukaishima, 12 : Mitajiri, 13 : No Shima(Isl.), 14 : Ōmi, 15 : Aio, 16 : Ogoori Bay, 17 : Tokonami, 18 : Ube, 19 : Onoda, 20 : Habu, 21 : Kanmon Channel, 22 : Hishakuda, 23 : Kanda, 24 : Minoshima, 25 : Unoshima, 26 : Nakatsu, 27 : Yokkaichi, 28 : Nagasu, 29 : Bungo-Takada, 30 : Kakachi, 31 : Hime Shima(Isl.) 32 : Kunisaki Peninsula.

口県によってそれぞれ相違するが，距岸1,000～5,000mの範囲である。4～5月と9～10月の各々に約20日間の操業禁止期間が設けられている。したがって，これらの水域と期間における漁獲資料は原則として操業船から得ることはできない。さらに，小型底びき網漁業の手ぐり2種と3種は漁具，漁法が相違する。手ぐり3種の操業期間は10～4月の冬期である。手ぐり2種は周年操業が許可されているが，漁獲の主対象が小型エビ類であるため，操業は主として春～秋期にかけておこなわれる。漁法間でカレイ類の漁獲効率が相違すると考えられるので，漁法別に漁獲分布密度の季節的変化を考察した。

周防灘を瀬戸内海漁業資源調査で用いられている緯経度5分桝目に区画した（Fig. 1)。過去の標識放流結果から，マコガレイとイシガレイは少なくとも周防灘と伊予灘の両灘において交流していると考えられる（香川県他1973；大分県浅海漁業試験場1974 a， b；富山・陣之内1974；大分県浅海漁業試験場他1985)。したがって，周防灘に隣接する伊予灘についても，分布と移動のつながりを考慮した。また，沿岸域を説明するために Fig. 2 に主要な地名等を示した。

1. 漁獲分布密度の季節的変化

Figs. 3, 5, 7 に手ぐり3種，**Figs. 4, 6, 8** に手ぐり2種によって漁獲されたマコガレイ，イシガレイ，メイタガレイ各々の1㎞²ひき網面積当り漁獲量（kg）を漁区別，月別に模式的に示した。前述のように，手ぐり3種では5～10月までの6か月間，また手ぐり2種では1～4月ま

での４か月間の資料は極めて少ない。したがって，主として11月から４月までの漁獲分布密度の地理的変化を手ぐり３種の結果から，また，５月から12月までは手ぐり２種の結果から検討する。

周防灘で操業される手ぐり３種は主として貝類を漁獲する目的で考案されたものである。この中にもいろいろな漁法があり，その主なものは石桁網，貝桁網，等であり，昼間操業によってカニ類，小型エビ類，カレイ類，ウシノシタ類等を混獲している。手ぐり２種は網口に張竹（ビーム）を取付けた底びき網を使用して，主として，夜間に操業する。漁獲対象に合せて操業形態を変化させ，小型エビ類，イカ類，シャコ，カニ類，種々の魚類を漁獲するものである。

(1) マコガレイ

手ぐり３種

11月：漁獲分布密度が20kg/km²以上を示す漁区は918，919，921，930，931，940，941，806～808の山口県周防灘東部沿岸域と周防灘中央部に認められる（Fig. 3）。10―20kg/km²の密度を示す漁区は宇部沖の926から大海湾沖の929，秋穂沖の939，笠戸島沖合の920，932，中津沖の955に認められる。これらの漁区の外側，つまり山口県西部沿岸沖合域，豊前海，大分県宇佐～香々地沖合域の分布密度は低い。

12月：20kg/km²以上を示す漁区の数は11月よりも多い。すなわち，小郡湾沖合の916，山口県中・東部沿岸域918～921，930～933，806～809，周防灘中・西部中央域の938，940，942，812，813，中津～豊後高田沖合の947，948であり，11月よりも全般的に分布密度は高くなっている。さらに，10―20kg/km²の漁区は福岡県沿岸域の924，925，935，946，国東半島北部沿岸域の949，950，941や大海湾沖合の917に認められ，11月よりも周防灘西部域に高密度分布域が拡張している。また，944，952，957の福岡，大分両県沿岸域は相対的に分布密度は低い。

１月：埴生沖の913，大海～向島沖の917，918，大島沖合の921，922，光沖合の803，これらの水域のやや沖合に相当する漁区931～933，805～808，周防灘東部中央域の813～815には20kg/km²以上の高密度分布が認められ，12月と比較すると，分布の中心は周防灘東部域に移り，かつ山口県沿岸域に偏っている。10―20kg/km²の漁区は12月よりもより東方に移動し，小郡湾沖合の916，928，三田尻沖の919，920，周防灘中央部域の929，930，939～942そして香々地沖の950にみられる。しかし，周防灘西部域の豊前海における分布密度は10kg/km²と低い。

２月：20kg/km²以上の分布密度を示す漁区は，床波沖の927を除き，山口県東部沿岸域に集中している（920，921，802，932，933，806～808，810）。10―20kg/km²の分布密度を示す漁区は小郡湾沖の916，928，三田尻沖の919，牛島～長島周辺海域の809，816であり，１月よりも漁区数は少なくなっている。逆に，10kg/km²以下の漁区数は増加し，周防灘中・西部域のほとんどの漁区はこの分布密度の範囲に入っている。このことから，分布の中心は山口県東部沿岸域に偏りつつ東へ移動していることを示している。

３月：20kg/km²以上の漁区は小郡湾沖合の928，大津島周辺から東の920，921，803，さらにその沖合の923，933，805～808，祝島西部域の814，815に見られる。２月よりも分布域の中心がより東部域へ移っていることがわかる。10―20kg/km²の分布密度の漁区も大海湾沖の917，向島西

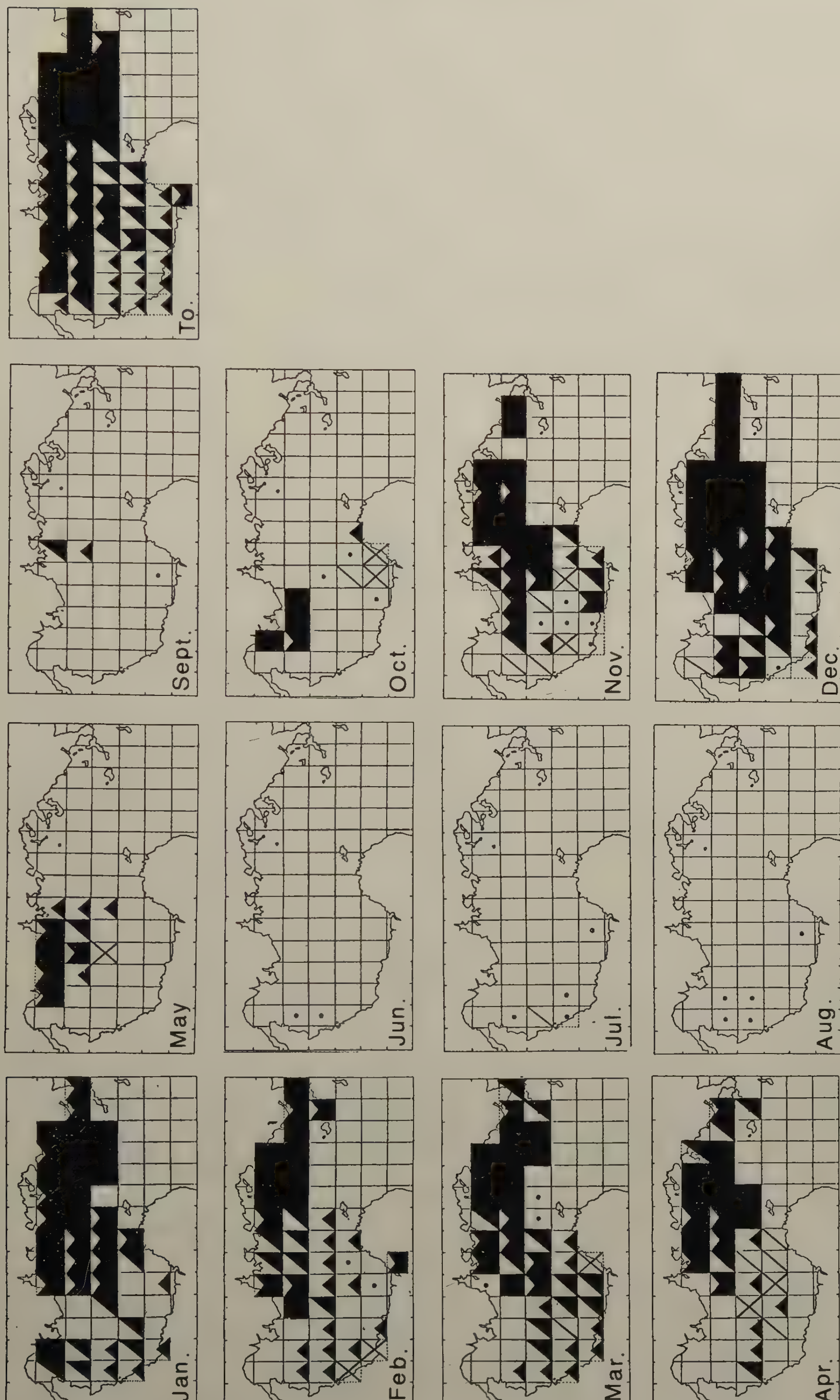


Fig. 3. Geographical distribution of monthly density index on the catch results of small trawl "Teguri type 3" of japanese flounder during the seasons 1978 to 1983.
Symbols of density index are the same as in **Fig. 4.**

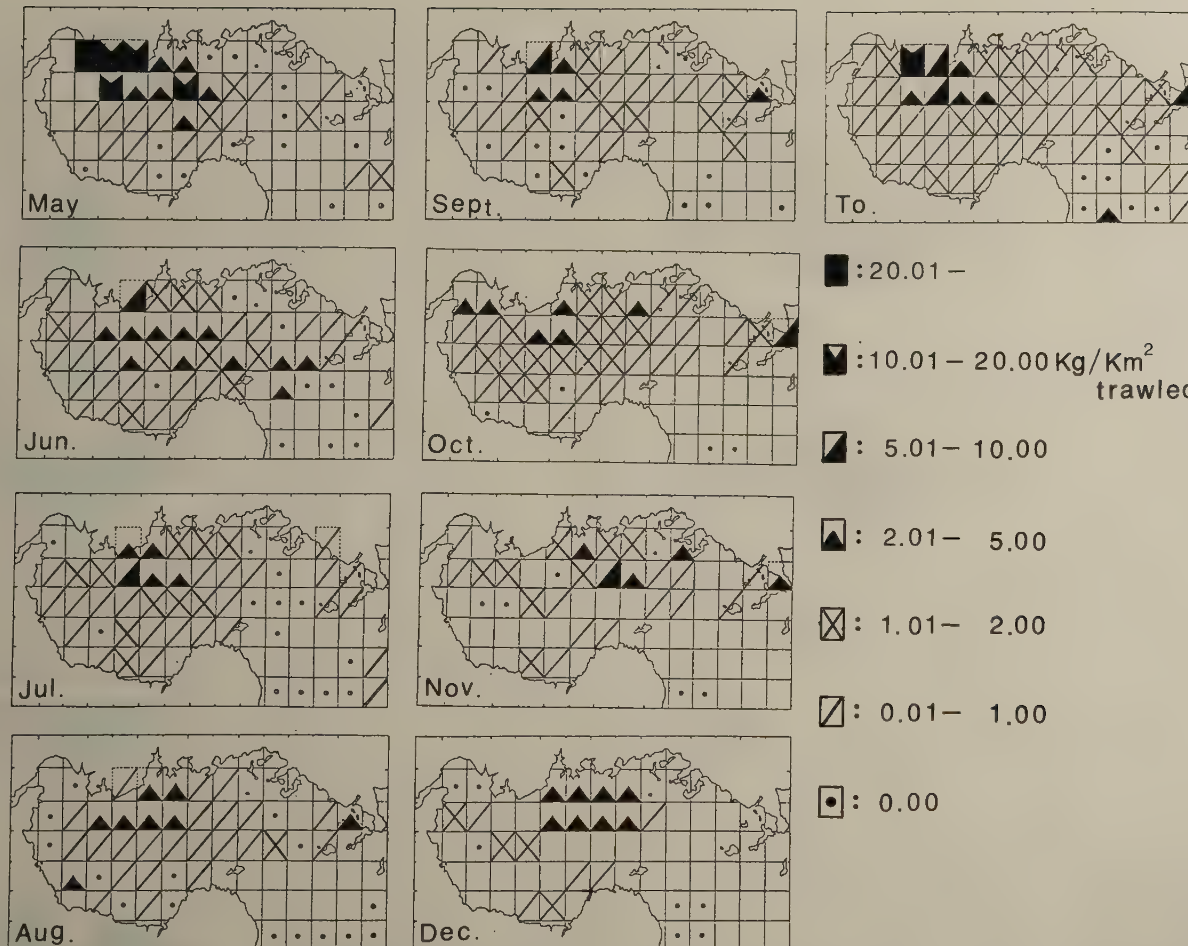


Fig. 4. Geographical distribution of monthly density index based on the catch results of small trawl "Teguri type 2" of japanese flounder during the seasons 1978 to 1983.

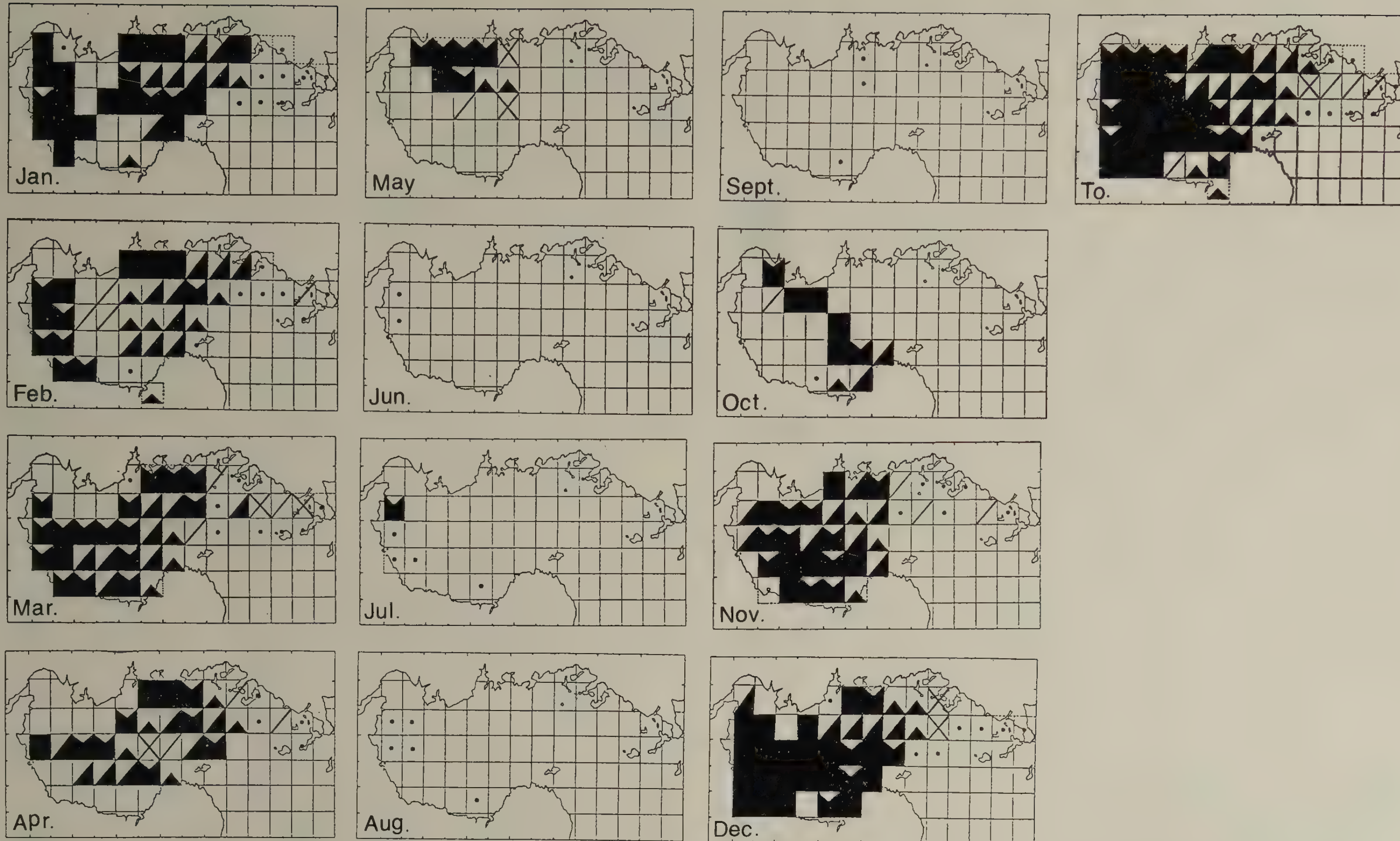


Fig. 5. Geographical distribution of monthly density index based on the catch results of small trawl "Teguri type 3" of stone flounder during the seasons 1978 to 1983.
Symbols of density index are the same as in **Fig. 4.**

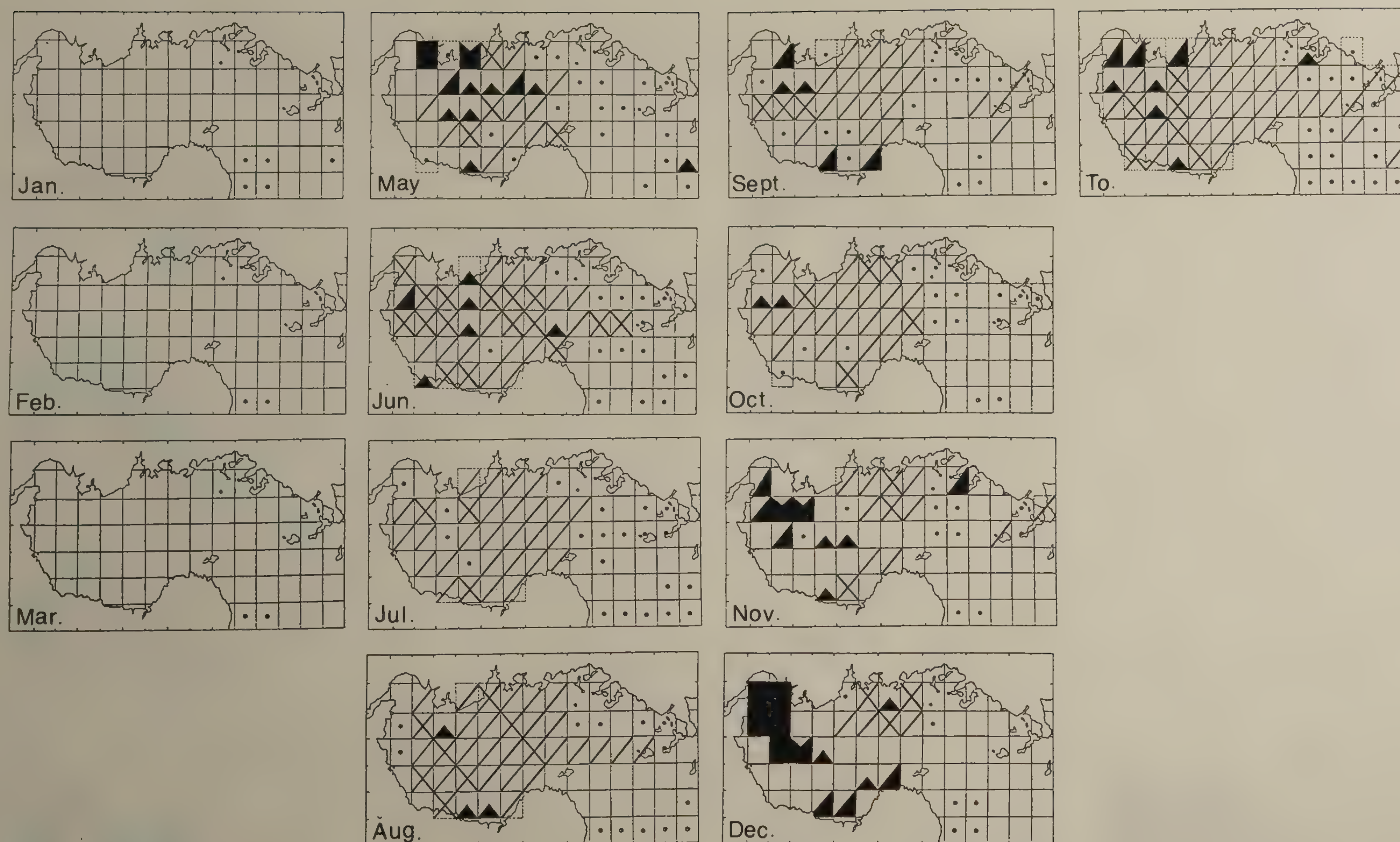


Fig. 6. Geographical distribution of monthly density index based on the catch results of small trawl "Teguri type 2" of stone flounder during the seasons 1978 to 1983.
Symbols of density index are the same as in **Fig. 4.**

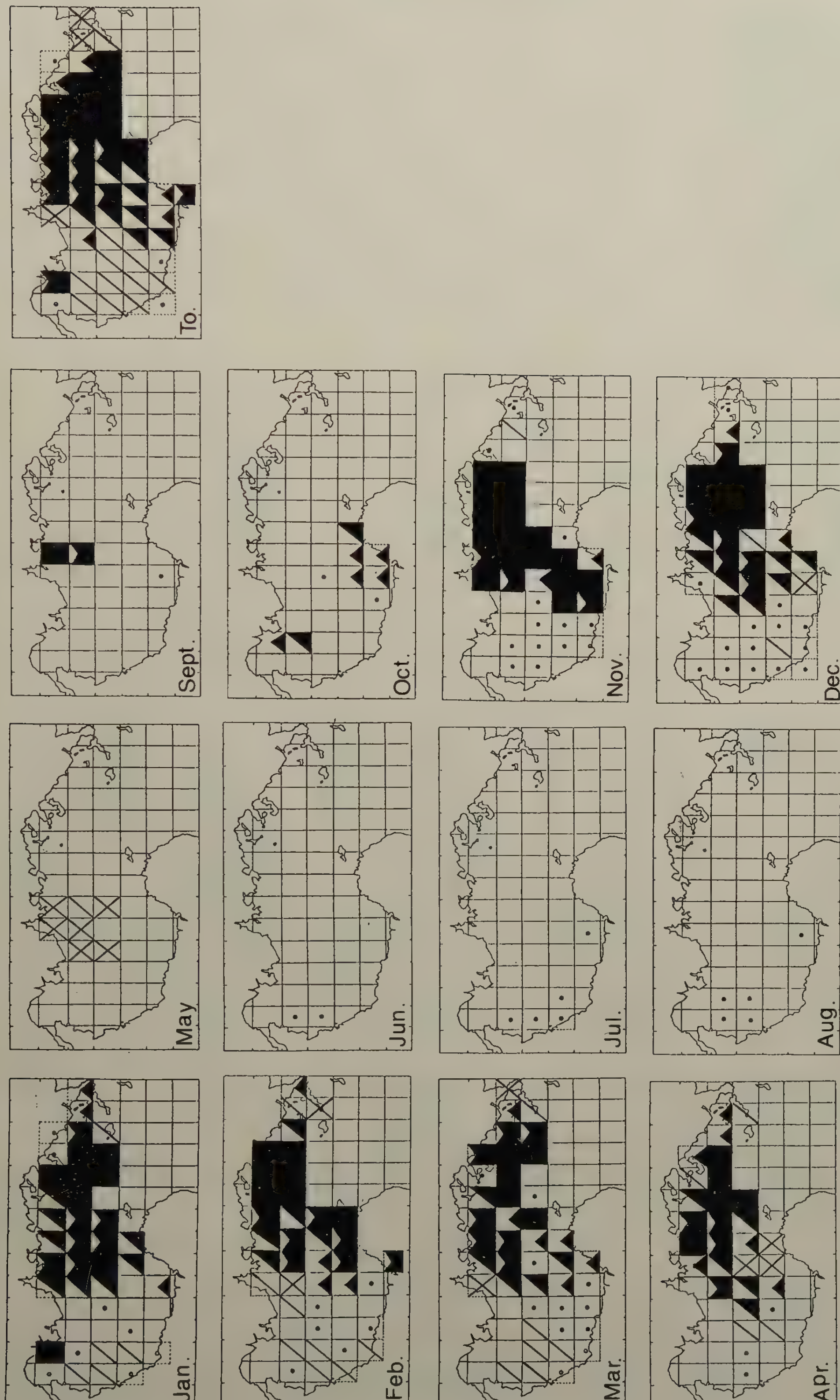


Fig. 7. Geographical distribution of monthly density index based on the catch results of small trawl "Teguri type 3" of finespotted flounder during the seasons 1978 to 1983. Symbols of density index are the same as in **Fig. 4.**

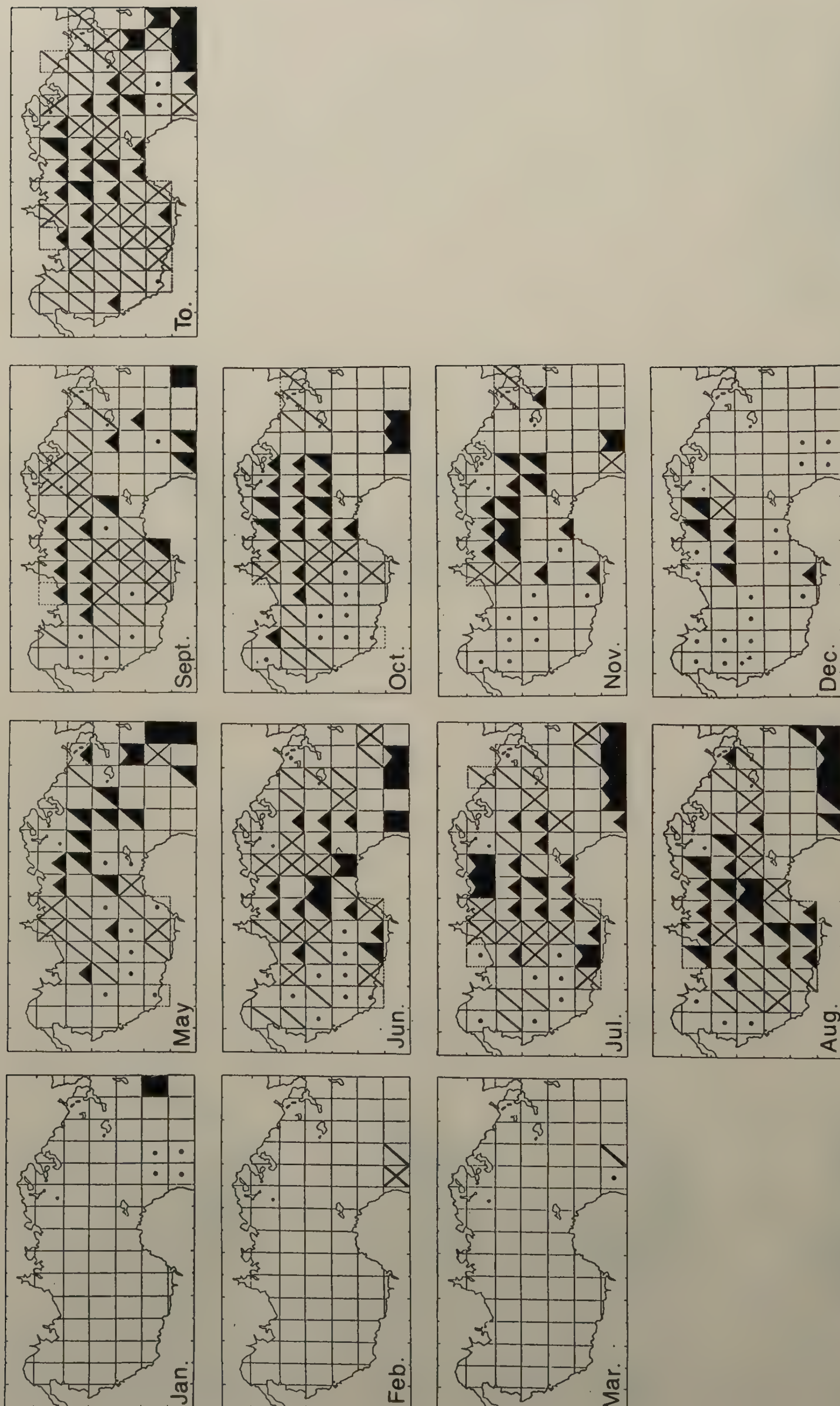


Fig. 8. Geographical distribution of monthly density index based on the catch results of small trawl "Teguri type 2" of finespotted flounder during the seasons 1978 to 1983.
Symbols of density index are the same as in **Fig. 4.**

方水域の918，周防灘中央部域の939，940，三田尻沖の930，931に見られ，このことは沿岸域から周防灘中央部域に移動していることを示唆している。

4月：この月に入ると，周防灘西部域における分布密度は低下し，操業も限られた漁区でのみ見られるようになる。分布密度が20kg/km²以上の漁区は，向島西方域の918を除き，大津島より東の920，921，932，933，942，943，806，807であり，全体として，高密度分布域は山口県沿岸域から周防灘の中央部域へと離岸し，かつ東部域へ移動している。さらに，周防灘中・西部域の各漁区における分布密度が前月より低下していることは分布の中心が東に移っていることを裏付けていると考えられる。

手ぐり2種

5月：漁獲分布密度が10kg/km²以上の漁区は埴生～宇部沿岸域の913～915，926，929に認められる（Fig. 4)。2—10kg/km²の漁区もわずかに小郡湾沖の916，917，927，928，930と周防灘中央部域の940に認められる。4月の手ぐり3種の結果と比較すると，4月では山口県沿岸の周防灘中・東部域に高密度分布が認められたのに対して，5月の手ぐり2種では逆に山口県周防灘中・西部域にみられる。しかしながら，5月において高密度分布域が認められた埴生～宇部沖の操業結果が4月には得られていないので十分な比較はできないが，Fig. 3に示した手ぐり3種の1，2月においてはこれらの水域に高い分布密度が認められている。このことから，5月のこの水域にも相当高密度なマコガレイ群が生息しているものと推測される。

これらのことから，周防灘中・西部の山口県沿岸域における分布密度は比較的高いが，豊前海や大分県沿岸域では低いと考えられる。

6月：いずれの漁区においても分布密度は10kg/km²以下であり，その中で，2—10kg/km²の漁区は宇部沖の926，床波沖の915，927，938，小郡湾沖の928，大海湾沖の929，940，向島沖の930，姫島沖の942と周防灘に隣接する伊予灘西部域の813，814，828に認められ，この分布密度を示す漁区は5月よりもより広範囲にみられる。さらに，1.01—2.0kg/km²の分布密度を有する漁区は山口県中部沿岸域の916～918，福岡県柄杓田沿岸域の924，周防灘中央部域（Zone—d）(Fig. 1）の939，941，812，長洲沿岸域の955，姫島西岸沖の951に認められ，5月よりもより広範囲に分布していることが判る。

全体として，6月の分布密度は前月よりも低く，沿岸域よりも周防灘中央部域に集約され，かつ，周防灘の東部方向へ分布域の中心が移動していることをうかがわせる。

7月：6月と同様に，相対的に高密度な分布域は埴生～三田尻沿岸域の925～929，915～919，周防灘中央部域の939～941，四日市～宇島沿岸域の955，947に認められるが，全体としては，6月の分布状況と大差はない。

8月：2kg/km²以上の分布密度を有する漁区は宇部沿岸域の926，小郡湾～大海湾沖合の916，917，927，928，929，福岡県蓑島沖の945に認められる。7月に認められた1.01—2.0kg/km²の分布密度を示す漁区は姫島の東北の813にのみ認められ，全体として，分布密度は前月よりもさらに低下していると考えられる。

9月：全体として，8月よりもさらに分布密度は低下し，2 kg/km²以上の漁区は床波沖の915，927、小郡湾沖の916，928，平生沖の809に見られる。1.01—2.0kg/km²の密度を有する漁区は周防灘中部域の938，大海湾沖の917，929，笠戸島沖の806，祝島の西の814と南の830，光沖の808，長洲沖の956，姫島北西の941，942に認められる。

前月と比較すると，分布密度は全体的にやや高くなってきており，特に，周防灘と伊予灘が隣接し合っている海域において顕著である。

10月：2 kg/km²以上の漁区は関門海峡の東の912，埴生沖の913，床波沖の927，小郡湾沖の916，928，三田尻沖の919，平生湾の810に認められ，9月よりも高密度分布域が拡大している。さらに，1.01—2.0kg/km²の漁区は宇部沖の926，大海湾沖合の917，929，向島沖合の918，930，931，佐合島周辺の809，周防灘中央部域の Zone—d に属する936，941，中津～四日市沖合の946～947に認められ，この範囲の密度を有する漁区数は9月よりも増加している。特に，周防灘中央部域から山口県沿岸域にかけて分布密度が高くなっている。これは，伊予灘からの回遊群の増加によってもたらされたものと推察される。

11月：この月の操業範囲は周防灘全域をカバーしていないので，確かなことは言えないが，埴生～宇部沖合の925，926，周防灘中央部域の938，小郡湾～三田尻湾沖合の916～919，929～931，四日市沖の955，大島沖の921，平生湾の810には1 kg/km²以上の分布密度が認められる。分布の中心が周防灘の中・西部域に移りつつあることをうかがわせる。

12月：11月と同様に，操業された漁区は多くないが，分布密度は高くなり，伊予灘から周防灘へマコガレイ群が移動してきたことを推察させる。

このように，11～12月の分布状態についてはすでに手ぐり3種の項で述べたようであって，手ぐり2種の結果もそれを裏付けているといえる。

漁区別に漁獲分布密度の経月変化を検討した結果から，周防灘におけるマコガレイの移動は以下のように要約できる。

9月頃から伊予灘より周防灘に向かって移動を始める。このことは，山口内海水試（1972），岡山水試（1972），香川県他（1973），香川水試他（1975）の標識調査結果と一致する。1群は祝島沖を通り山口県沿岸沖を，他の1群は姫島沖から豊後高田～長洲沿岸域にかけて西進するものと推測される。これらの群は，全体として，1月頃まで月を追って西進すると考えられる。

12～1月には西進しつつ沿岸域に移動する。この時期はマコガレイの産卵期に相当し（香川県他1973；山口内海水試1973），砂・礫等の卵の付着基質が比較的多いと考えられる沿岸域に移動してくることを示している。

沿岸域で産卵した個体群は離岸する。周防灘中央部域に集約されつつ東進を開始し，伊予灘へ移動していくと考えられる。

しかしながら，5～9月の間，山口県西部の埴生～秋穂沿岸域と周防灘中央部域に比較的高密度の群が分布していることから，夏期においてもこの水域に止まっている群もあると考えられる。このことは，産卵後のマコガレイはイシガレイに比較して沿岸浅所にも分布しており，移動も小

さいようであると報告されており（山口県他1975），今回の結果と矛盾しない。ただ，伊予灘へ移動した群と周防灘に止まった群の構造に相違があるか否かについては今後の生物調査結果と照合する必要がある。

⑵ **イシガレイ**

手ぐり3種

手ぐり3種の操業結果に基づいて10～5月までの8か月間の分布の様相について考察する。10月と5月の操業海域はごく限られており，周防灘全域について検討できないが，手ぐり2種の結果との比較の材料としてとりあげた（Fig. 5)。

10月：この月は休漁期に当ることと，手ぐり2種の操業を継続していることから手ぐり3種の操業結果が少なく，わずかに山口県埴生～床波沿岸域，大分県中津～国見沿岸域で操業がみられた。

宇部～床波沿岸域では分布密度が高く30kg/km²以上である。また，周防灘の中央部域に相当する漁区939，948では20—30kg/km²であり，周防灘中・西部域において分布密度が高いと考えられる。

11月：この月は周防灘のほぼ全域から操業結果が得られている。20kg/km²以上の分布密度を示す漁区は埴生沖合の925，小郡湾沖の916，宇島沖の946，954，四日市沖の947，香々地沖の949である。10—20kg/km²の分布密度を示す漁区は向島沖の918，宇部～床波沖の926，927，937，周防灘中央部域の939，蓑島～苅田沖の936，945，四日市～長洲沖の955，956，948である。

山口県中・西部沿岸域，大分県沿岸域，周防灘中央部域は比較的分布密度が高く，福岡県沿岸域では相対的に低い。さらに，周防灘に隣接する伊予灘では極めて低い。

12月：100kg/km²以上の高密度分布域が周防灘西部域の936～938，946，947に，30—100kg/km²の漁区は福岡県豊前海沿岸域の924，925，935，944，945，952～954，豊後高田～香々地沖の941，948，950，957に認められる。山口県沿岸域では比較的分布密度は低く，また，周防灘の東部域ほど分布密度は低い。

1月：12月と比較すると，全体的には，イシガレイの分布密度は低下している。20kg/km²以上の漁区は福岡県沿岸域と周防灘中央部域の938，939，942，香々地沖の950，山口県沿岸域の916～918，921に見られる。このことと12月の分布密度の様相から，周防灘西部域に西進してきた群が逆に徐々に東進し始めたことが推察される。

2月：10kg/km²以上の漁区は福岡県沿岸域の924，925，935，936，944，945，953，954と山口県周防灘中・東部沿岸域の916～918，931に認められる。全体として，1月よりもさらに分布密度は低下しているが，東進移動に関する顕著な変化は示していない。

3月：前月と比較して，分布密度の海域的な特徴に大きな変化は見られないが，やや周防灘中央部域の分布密度が高くなっている。このことは，1月に始まった東進移動がこの月においてもまだ継続していることを示唆していると考えられる。

4月：周防灘の西部域においては前月よりも分布密度が低下しているが，周防灘中央部域にお

いては大きな変化はない。しかし，周防灘東部域の姫島～笠戸島を結ぶ線の周辺水域では分布密度が３月よりも高くなっており，このことは群全体がより東進していることを示唆するものと考えられる。

５月：この月は宇部～秋穂沖における操業結果が得られただけで，周防灘全域の分布状況は不明である。しかし，これらの沿岸域において比較的高密度に分布していることは確かである。

手ぐり２種

手ぐり２種の５～12月までの操業結果から漁獲分布密度の経月変化を検討する（Fig. 6)。

５月：手ぐり３種の漁獲密度分布で認められたと同様に，宇部～秋穂沿岸域において相対的に分布密度が高く，周防灘東部域と伊予灘西部域において低い。

６月：周防灘の中・西部域における分布の様相は５月のそれと大差はない。しかしながら，周防灘東部域と伊予灘西部域においては分布密度が増加しており，全体として，５月に引き続き，周防灘の東部海域へ分布の中心が移動していると考えられる。

７月：周防灘全域において分布密度は低く，ほぼ均等に分布している。

８月：７月よりも伊予灘西部域や周防灘中央部域において分布密度はわずかに高くなっており，特に，宇部沿岸域と四日市～長洲沿岸域で高い。このことは，次第に伊予灘から周防灘へ移動してきたことを示唆している。

９月：周防灘西部域の，特に，宇部，蓑島，四日市，豊後高田各沿岸域における分布密度が高く，より周防灘西部域に分布の中心が移動しつつあることを推察させる。

10月：この月の分布の様相は９月と比較して大きな変化は認められない。

11月：周防灘西部域において分布密度が急激に高まっており，イシガレイの主群が西進してきたことを示している。

12月：11月よりもより高密度の分布域が周防灘の西部域で認められ，特に，四日市～香々地沿岸域，埴生～宇部沿岸域において顕著である。

周防灘におけるイシガレイの移動に関しては標識調査結果や漁獲状況から報告されている（山口内海水試1972，’74，’75；山口県他1973；富山・陣之内1974；山口県他1975；香川県水試他1975；大分浅海漁業試1985)。それらによると，周防灘で標識放流した個体が別府湾や安芸灘で再捕されており，周防灘産イシガレイは少なくとも伊予灘と交流していると考えられる。ここでは，周防灘から見たイシガレイの移動について要約する。

８～９月にかけて周防灘と伊予灘との境界水域や山口県東部の祝島・佐合島周辺水域において，分布密度がわずかではあるが高くなることから，伊予灘に生息していた群が周防灘へ入ってくると考えられる。10～11月にかけて周防灘の中・西部域の分布密度が高くなり，群が西進してきたことを示している。12月には周防灘西部域で最も分布密度が高く，周防灘中部域そして周防灘東部域にいくにしたがって分布密度は低くなり，主群は周防灘西部域の豊前海に生息するようになる。周防灘産イシガレイの産卵期は12～１月であり（山口県内海水試1972；香川県他1973；藤・

林1975），12月の周防灘西部域に見られる群は産卵群と考えられる。１月には11月とは逆に産卵を終えた群は伊予灘に向けて東進を開始する。２～６月にかけて，徐々に東進を継続する。７月には，主群は周防灘から伊予灘へ移動してしまい，周防灘にはごく低密度な群が一様に分布する。

2. マコガレイ，イシガレイ，メイタガレイの棲み分け

本報告の前節でマコガレイとイシガレイの周防灘における分布と移動について明らかにした。また，周防灘産メイタガレイの分布，移動，系統群に関してはすでに正木・伊東（1984 a，b）が報告している。このことから，これら３種のカレイは各々固有の分布，移動様式を有していると考えられる。漁法別，月別，漁区別，魚種別に漁獲分布密度の変化を検討すると極めて複雑になる。理解しやすくするために Fig. 1 に示した経度５分毎の水域を Division と呼び，西から順にO，A，B，C，……M，Nで，緯度５分毎の水域を Zone と呼び，南から順にａ，ｂ，ｃ，……ｆ，ｇで表現することにする。

大森（1974，’75，’79 a，b）はマコガレイの密度分布は食物生物の生息密度によって影響されており，食物生物のそれは底質と関係があると報告している。小坂（1956），富山（1956），田北・藤田（1964），小金沢他（1967），藤・多胡（1972），岡山水試（1972），石塚（1978），亀井（1980）は底質の粒度，水深，地理的条件等とマコガレイ，イシガレイ，メイタガレイ等の分布と関係があると報告している。本節ではカレイ類３種の漁法別，魚種別漁獲分布密度の季節的変化と底質，水塊，水深，餌料の相対量との関係について検討する。周防灘の底質は正木他（1985）を，水塊区分は神戸海洋気象台海洋課（1985），山口県他（1975），水深，恒流は水産庁（1980），餌料の指標としてはメイオベントス（酒井1984，’85 a，b），マクロベントス（玉井1985）の出

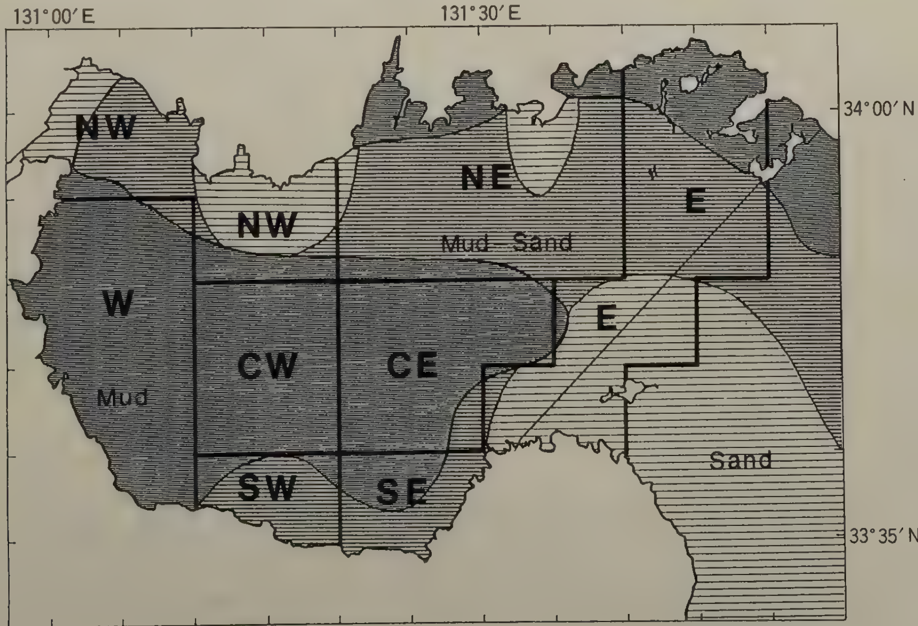


Fig. 9. Geological map and areas mentioned in the report.

現状況を用い，これらの情報と山口県他（1975）の底生動物相からみた水域区分を総合して周防灘を Fig. 9 に示した８水域（**W**, **CW**, **SW**, **NW**, **CE**, **SE**, **NE**, **E**）に区分した。まず，周防灘におけるマコガレイ，イシガレイ，メイタガレイの南北および東西両方向の分布の様相を検

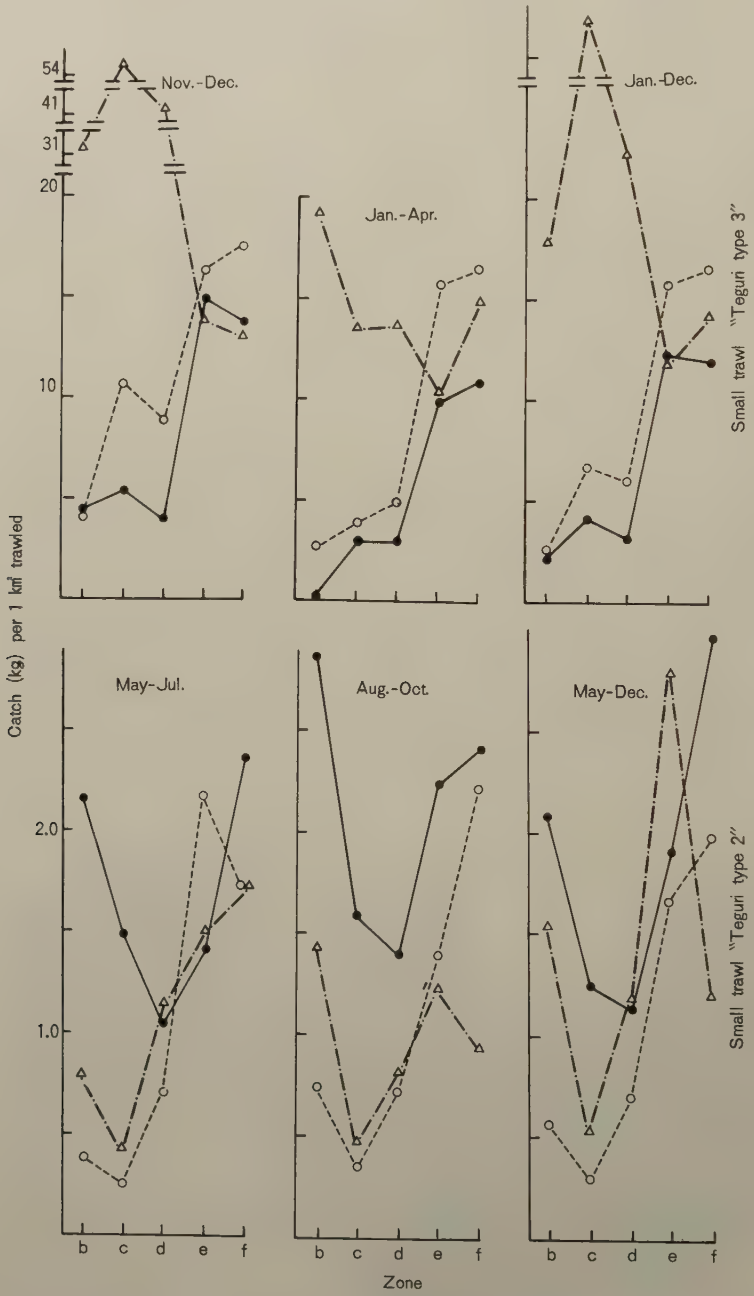


Fig. 10. Latitudinal change of density index by period by fishing type of japanese, stone, and finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea during the seasons 1978 to 1983.
Open circle and dotted line: japanese flounder, Open triangle and chain line: stone flounder, Closed circle and solid line: finespotted flounder.

討し，さらに８水域別の魚種別分布密度の期間別変化と底質，水塊，水深等との関係を考察する。

(1) 緯度的分布

周防灘の南北方向における分布の様相を検討するために，東西方向の要素を無視して，漁法別，魚種別，Zone 別，期間別に分布密度を Fig. 10 に示した。

マコガレイ：手ぐり２，３種共，周年を通じて山口県沿岸域の Zone—e，f において分布密度は高く，大分県沿岸域と周防灘中央部域の Zone—b，c，d は低い。

イシガレイ：11～12月の本種の産卵期前後においては大分県沿岸域と周防灘中央部域の Zone—b，c，d で密度が高く，山口県沿岸域の Zone—e，f では低い。５～７月のZone—d，e，f の密度は高い。８～10月においては Zone—b，e，f で高く，Zone—cで低い。

メイタガレイ：11～４月の冬期においては，山口県沿岸域の Zone—e，f で分布密度は高いが，大分県沿岸域や周防灘中央部域の Zone—b，c，d では低い。しかしながら，５～10月においては，大分・山口両県沿岸域の Zone—b，c，e，f では高く，周防灘中央部域の Zone—d では低い。

以上のように，マコガレイとメイタガレイの周防灘における南北方向の分布状況は類似している。11～４月のイシガレイはマコガレイとメイタガレイの分布密度の高い Zone では低く，逆に低い Zone で高い関係が見られる。５～10月においては３魚種共沿岸域で高く，周防灘中央部域で低い。

(2) 経度的分布

マコガレイ，イシガレイ，メイタガレイ３種の Division 別，期間別漁獲分布密度を Fig. 11 に示した。

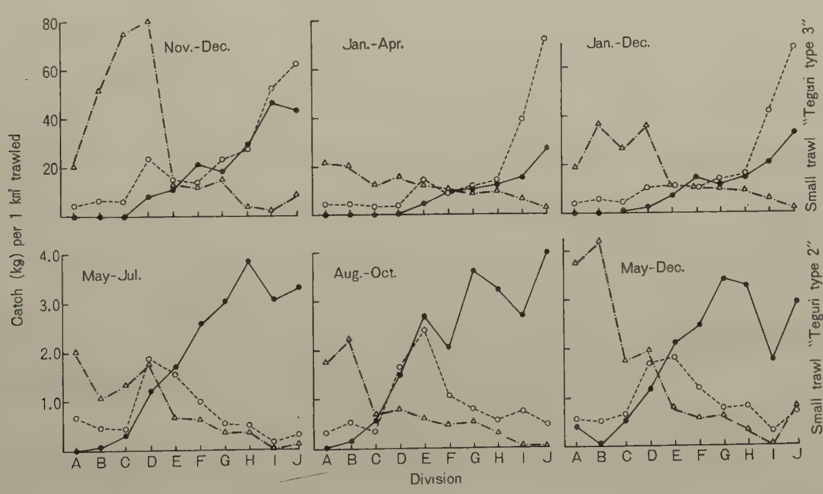


Fig. 11. Longitudinal change of density index by period by fishing type of japanese, stone, and finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea during the seasons 1978 to 1983.
Open circle and dotted line: japanese flounder, Open triangle and chain line: stone flounder, Closed circle and solid line: finespotted flounder.

マコガレイ：5～7月の Division—D，E，F では分布密度が1kg/km²以上と高いが，Division—A～C，G～J では低く，Division—D に1つの峰を有する山型を示している。8～10月の期間においても，5～7月の期間と同様，Division—D，E，F において1kg/km²以上の高密度分布が認められ，Division—E に峰を有する山型を示している。11～12月の期間においては，Division—D に20kg/km²以上の比較的高密度分布が認められるが，全体としては周防灘東部域から伊予灘西部域で分布密度は高くなる。1～4月においては，Division—A～D は5kg/km²以下，そして Division—E～H は5—15kg/km²とやや高いが，Division—I～J では35kg/km²以上である。このように，春～秋にかけて，マコガレイは周防灘中央部域に集約される。産卵期の11～12月に見られる高密度分布域（Division—I～J）は産卵場の一部ではないかと推察され，冬期には産卵のために Division—I 以東に高密度分布域を形成すると考えられる。

イシガレイ：5～10月までは比較的なだらかな西高東低の傾向を有する分布型を示しているが，11～12月では Division—B～D において分布密度が急激に増加する。すなわち，産卵期には周防灘西部域に分布が集中すると考えられる。1～4月にはなだらかな西高東低の分布型を示しており，産卵を終えた主群は東進し始めていることを示唆している。

メイタガレイ：1～4月の Division—F 以東における分布密度はほぼ等しいが（10kg/km²以上），Division—D 以西では2kg/km²以下である。5～10月には Division—D 以東においては分布密度が高くなる。11～12月における高密度分布域の中心は東に移っている。すなわち，5月より全体として，群はより西方に分布を拡げ，9月頃から転じて東方に移動する。このような，移動様式については正木・伊東（1984a）の結果と一致する。

以上のように，マコガレイ，イシガレイ，メイタガレイの周防灘における緯度的分布変化から，イシガレイの産卵期前後を除き，周年を通じて南北両沿岸域で分布密度が高いといえる（Fig. 10)。経度的分布変化からは（Fig. 11)，魚種により複雑な様相を示しているが，手ぐり2，3種各々の月計の密度分布を見ると，イシガレイは Division—D 以西に，メイタガレイは Division—F 以東の水域に濃密に分布するが，マコガレイはイシガレイとメイタガレイの分布密度が逆転する Division—D～E にモードを持つ密度分布型を示している。このことからも，周防灘におけるカレイ類3種は地理的な棲み分けをしているようである。

(3) 環境と漁獲分布密度

マコガレイ，イシガレイ，メイタガレイ3種共，産卵期の前後で分布・移動の様相に顕著な変化を示し，さらに春～夏，夏～秋においてもこれらに変化が認められる。したがって，底質，水塊特性，餌料等と漁獲分布密度との関係を検討するに当っては1～4月（手ぐり3種），5～7月（手ぐり2種），8～10月（手ぐり2種），11～12月（手ぐり3種）の4期に括った分布密度と比較する（Fig. 12)。Fig. 9 に示した8水域の概要を以下に示す。

W：この水域は福岡県の豊前海沿岸域に相当し，底質は泥質である。15m以浅の沿岸水の影響の大きい滞留域で，恒流の不連続帯が認められ，ベントス量は少ない。

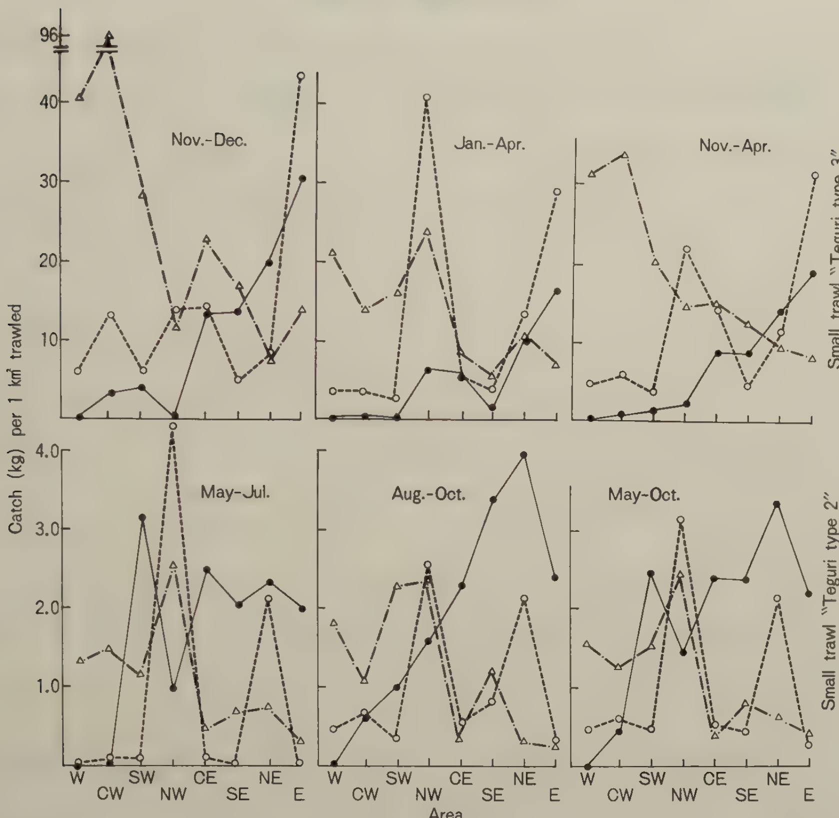


Fig. 12. Areal change of density index by period by fishing type of japanese, stone, and finespotted flounder in the Western seto Inland Sea during the seasons 1978 to 1983.
Open circle and dotted line: japanese flouder, Open triangle and chain line:stone flounder, Closed circle andsolid line: finespotted flounder.

CW：W水域の東側に位置する泥質域であり，10—20mの水深域が大部分を占め，時計廻りの渦流域を形成している。W水域と同様，ベントス，クロロフィル，プランクトン量は少ない。

SW：大分県西部沿岸の水深10m以浅の水域である。底質は大半が砂泥質であるが，一部泥質が認められる。クロロフィル，プランクトン，ベントス量は共に少ない。

NW：床波以西の山口県沿岸域で大半が10m以浅の水域である。沿岸水魂が存在するが，潮の流れは比較的良く，西部域は関門海峡からの外洋水が入り込んでおり，クロロフィル，プランクトン，ベントス量は多い。底質は砂質と砂泥質の両方が認められる。床波から宇部沖までは西流が，関門海峡から宇部沖にかけては東・南流が認められる。

CE：周防灘中央部に位置し，底質は泥質である。山口県沿岸水の反転東流が認められ，周防灘固有の混合水塊が存在する。水深は10—35mである。ベントス量は少ない。

SE：大分県豊後高田沖の水深14m以浅の泥質と砂泥質の両方の底質を有し，沿岸水と姫島よりの外洋水が混合する水域である。プランクトン，クロロフィル，ベントス量は少ないが，**W**，**CW**，**SW**，**CE** の水域よりも多く，夏期においては一時期に局所的に多く認められることもある水域である。

NE：小郡湾から三田尻沖合にかけての水域であり，西進恒流の認められる沿岸水塊域である。向島沖合の砂質域を除いて他は砂泥質である。小型底びき網漁場とはならない沿岸域は泥質である。40m以浅であるが，東部ほど深い。クロロフィルやベントス量は多い。

E：伊予灘に隣接する周防灘の東部域であり，砂質と砂泥質の両方が認められる。水深は最も深く30m以深である。豊後水道からの外洋系水塊であり，クロロフィル，プランクトン，ベントス量は多い。

分布と移動の項で述べたように，マコガレイ，イシガレイ，メイタガレイ3種は季節によってその分布状況に相違が認められる。ここでは，手ぐり2種と3種に分けて，前にも示したように，11～12月，1～4月，5～7月，8～10月の4期間の**W**～**E**の8水域における3種の漁獲分布密度の変化を検討する。

11～12月（手ぐり3種）

この期間はマコガレイ，イシガレイ，メイタガレイ3種の産卵期に相当する。前項で述べたように，産卵回遊の結果が密度分布に反映されていると考えられる。したがって，この期間においては，主たる餌料の分布の相違がカレイ類3種の分布の様相に変化をもたらすと考えるよりは産卵生態や幼稚仔魚の成育に適した水域に依存して分布すると考える。

マコガレイ：**W**，**SW**，**SE** の水域は福岡・大分両県沿岸域の泥質で沿岸水の停滞域であり，これらの水域における分布密度は6 kg/km²と低い。NE 水域の分布密度（約8 kg/km²）も相対的に低い。**CW**，**NW**，**CE** 水域はいずれも12kg/km²以上の高密度を示しており，関門海峡からの外洋水の影響のある（神戸海洋気象台海洋課1985）砂質域や周防灘中央部域の泥質域において相対的に漁獲分布密度は高い。最も高い密度を示すのは**E**水域（40kg/km²以上）である。したがって，産卵期に高密度の分布が認められる水域は産卵場と推測され，本種の主産卵場は**E**水域にあると考えられる。また，**NW** 水域においても産卵場が形成されていると考えられるが，**E** 水域よりは相対的に小さな産卵群と推測される。**CW** と **CE** 水域は，産卵をこの水域で行うというよりは，この水域に一時期集り，山口県沿岸域の砂質～砂泥質域に産卵のために接岸していくと考えられる。

イシガレイ：**CW, W** 水域では40kg/km² 以上の高分布密度を，次いで，**SW, CE, SE**（16 kg/km² 以上）の水域において高い密度を示している。一方，**NW, NE, E** の各水域における分布密度は（14kg/km²以下）低い。このように，産卵期のイシガレイは福岡県，大分県各沿岸域の泥質域を中心とする外洋水の影響の少ない水域に分布すると考えられる。

メイタガレイ：**W**，**CW**，**SW**，**NW** 水域（Division—D 以西）の周防灘奥部における分布密度は極めて低い（4 kg/km²以下）。**SE** 水域では13—14kg/km²と比較的高い分布密度を示しているが，**NE**，**E** 水域の分布密度は各々19.9，30.4kg/km²と高い。このことは，外洋水の影響の大きい，水深の比較的深い水域で分布密度が高いといえる。

1～4月（手ぐり3種）

この期間は産卵が終り，摂餌が活発になる時期に相当する。しかし，一部の個体ではまだ産卵を終えていないので，餌料の分布状況に伴うカレイ類の分布と産卵生態に起因する分布の２つの様相が混在していると考えられる。

マコガレイ：**NW** 水域は40.9kg/km²の最高の漁獲分布密度を示している。次いで，**E**（28.9 kg/km²），**NE**（13.4kg/km²）水域であるが，**CE**，**SE**，**W**，**CW**，**SW** 各水域の順に分布密度は低くなり，全て6 kg/km²以下である。このように，この期間においては砂質域を多く含む外洋水の影響のある，餌料の比較的多い水域において分布密度が高い傾向があると考えられる。

イシガレイ：11～12月の分布の様相と大略同じであるが，**CW**，**SW** 水域における分布密度が相対的に低く，逆に **NW** 水域において高くなっている。産卵後は急速に移動したことを示唆している。しかしながら，Division—D 以西では依然として分布密度は相対的に高く，**CE**，**SE**，**NE**，**E** 各水域においては11kg/km²以下と低い。すなわち，本種の摂餌期には泥質～砂泥質の水深の浅い産卵場周辺に比較的濃密に分布すると考えられる。

メイタガレイ：福岡・大分両県沿岸域に相当する **W**，**CW**，**SW**，**SE** 各水域は泥質で水深が浅く，外洋水の影響が少なく，分布密度は低い。逆に，水深が深く，外洋水の影響が大きい **E**，**NE** 水域では10kg/km²以上の高密度を示しており，これらの水域に隣接する **CE** 水域においても5.8kg/km²と高い。また，関門海峡からの外洋水の影響があると考えられる **NW** 水域においても6.2kg/km²と高い。このように，本種は外洋水の影響のある水域において漁獲分布密度が高いと考えられる。

5～7月（手ぐり２種）

この時期は成長の停滞期に入っており（Hatanaka, *et al.*, 1953，'56；藤本他1973；香川水試他1975），摂餌は前期と比較してそれほど活発であるとは考えられない。

マコガレイ：**NW**（4.3kg/km²），**NE**（2.2kg/km²）の両水域で高い分布密度を示している。その他の **W**，**CW**，**SW**，**CE**，**SE**，**E** 水域は何れも0.6kg/km²以下である。このことから，この時期においては砂質～砂泥質域で，外洋水の影響のある，潮通しの良い，餌生物の比較的多い水域において高密度分布域が形成されると考えられる。しかしながら，これらの条件に適合する **E** 水域では0.3kg/km²以下と最も分布密度は低く，矛盾している。このことは，周防灘から伊予灘西南部域に移動してしまったとも考えられるが，今後，解明しなければならない問題点の一つである。

イシガレイ：前期に引き続き，**NW** 水域において最高の分布密度（2.6kg/km²）を示している。**W**，**CW**，**SW** 水域では1.1～1.5kg/km²と比較的高い分布密度を示しているが，**CE**，**SE**，**NE**，**E** 水域では前期と同様に，相対的に低い分布密度（0.3～0.8kg/km²）を示し，分布の様相も前期とほぼ同様である。

メイタガレイ：**CW**，**W** 水域は0.2kg/km²以下の低密度の分布を示している。前期において比較的分布密度の高かった **NW** 水域は1 kg/km²であり，相対的に低くなっている。一方，**SW** 水域は最高の分布密度を示しており（3.2kg/km²），次いで **CE**，**NE**，**SE**，**E** 水域の順となり，い

ずれも2 kg/km²以上の分布密度を示している。このことは，山口・大分両県沿岸域に外洋水の影響が強く作用した結果ではないかと考えられる。したがって，本種の分布は外洋水の影響のある水域に選択的に分布すると推察される。

8～10月（手ぐり2種）

この時期は成長停滞期から産卵準備期に相当すると考えられ，1～4月の期間とほぼ同様の摂餌状態にあると考えられ，したがって，摂餌行動が漁獲密度分布の様相に反映されると考えられる。

マコガレイ：1～4月，5～7月の両期間とほぼ同様の密度分布の様相を呈している。すなわち，**NW** と **NE** 両水域における分布密度は2.1kg/km²以上であるのに対して，他の水域ではいずれも0.9kg/km²以下である。

イシガレイ：**NW**，**SW** 水域では2.3～2.4kg/km²の高分布密度を示し，**W** 水域においても1.9 kg/km²と比較的高い。**CW**，**SE** 水域では1.1～1.2kg/km²であり，**CE**，**NE**，**E** ではいずれも0.6kg/km²以下である。このことから，本種はこの時期になると次第に主産卵場に集まってくると考えられる。

メイタガレイ：前期においては比較的広範囲に分布していたが，この時期になると Division—E 以東に集中的に分布してくる。すなわち，**CE**，**SE**，**NE**，**E** 各水域における分布密度はいずれも2.2kg/km²以上であるのに対して，**NW**（1.6kg/km²），**SW**（1.0kg/km²），**CW**（0.7kg/km²），**W**（0.1kg/km²）の順に漁獲分布密度は低下している。このことは，本種のこの時期の分布を規制するものとして，餌料の量や底質よりも，水深や水塊特性の要因によるものの方が大きいと推察され，外洋水の影響の強い，比較的水深の深い水域に高密度に分布すると考えられる。

以上の結果から，マコガレイ，イシガレイ，メイタガレイの棲み分けは季節によってその様相に相違が認められる。棲み分けの大きな要因としては産卵生態，外洋水の影響の大小，餌料の量的分布状況等が推測される。

論　　議

周防灘およびこれに隣接する伊予灘の一部の水域を含めた海域においてマコガレイ，イシガレイ，メイタガレイの分布，移動および棲み分けについて小型底びき網漁業（手ぐり2，3種）の月別，緯経度5分桝目別1 km²ひき網面積当り漁獲重量（kg）の地理的変化から考察した。小型底びき網漁業の操業可能な水域は法的，地理的にも限定されており，特に，沿岸域における小型定置網漁業や刺網漁業の漁場における操業結果はない。漁獲分布密度は小型底びき網漁業で漁獲された漁獲物の中で商品サイズの個体の豊度を示しているにすぎない。したがって，ここで示した結果には1歳以下の幼稚魚の分布，移動，棲み分けは含まれていない。今後は小型底びき網漁業の操業禁止区域を主漁場とする刺網漁業や小型定置網漁業の漁獲実態を明らかにすると共に幼

稚魚期の分布・生態とを合せて再検討する必要がある。

本報告でとりあげた漁獲分布密度は漁獲された個体群の総重量を単位ひき網面積で除したものであり，個体群の生物学的特性は不明である。すなわち，個体数，性別，年齢（体長）組成，成熟状態，摂餌状態，摂餌生物等が識別されていない。これらの要素によって分布，移動，棲み分けは大きく相違すると考えられるので，今後，解決すべき重要な点である。

棲み分けに関しては，生態系の中で正しく位置づける必要があると考える。生態系の基幹として食物連鎖が考えられているが，本報告で取り扱ったカレイ類3種も各々の餌料に特徴が認められるものの（Hatanaka *et al* 1953，'56；富山1956；藤本他1973；大森1974；香川水試他1975），現在まで，周防灘におけるこれらの餌料の量的分布や季節的変動に関する研究は不十分である。今後は餌料の分布と底質，水塊特性等との関係，量的変動と漁獲分布密度との関係，さらに，これらの要因と生物学的特性との関係等とカレイ類の分布，移動，棲み分けとの因果関係を総合的に解明する必要があると考える。

要　　約

1978年から1983年までに周防灘における小型底びき網漁業（手ぐり2，3種）によって漁獲されたマコガレイ，イシガレイ，メイタガレイ3種の1㎞^{2}ひき網面積当り漁獲重量から地理的，季節的な分布，移動，棲み分けを明らかにすることによってカレイ類の資源・漁業管理に資することを目的として本研究を行った。

マコガレイの主群は9～10月頃より伊予灘西部域から周防灘に移動してくる。12月には最も周防灘西部域まで入り宇部沖に達する。12～1月には産卵のために接岸する個体群と産卵の終った伊予灘方面への東進群が認められる。2月頃から周防灘から伊予灘へ出て行く。

イシガレイはマコガレイよりもやや早く8～9月頃に伊予灘西部域より周防灘へ入ってくる。10～11月には周防灘西部域に集中的に分布し始め，11～12月には宇部沖よりもより西部の周防灘奥部に高密度に分布する。周防灘より伊予灘に向かって東進移動を開始するのはマコガレイよりも早く1月頃である。

マコガレイ，イシガレイ，メイタガレイ3種は周防灘において棲み分けをしており，イシガレイは周防灘西部域に，メイタガレイは周防灘東部域から伊予灘西部域に，マコガレイは周防灘中央部域に主として分布する。しかし，この棲み分けの地理的境界は季節によって大きく変化する。

産卵生態，年齢（体長）組成，性別，成熟状態等生物学的特性，底質，水塊特性，餌料の量的，季節的分布と変動，摂餌生態等との関係を今後明らかにすることによって周防灘におけるカレイ類の分布，移動，棲み分けを確立する必要が認められた。

文　献

中国四国農政局統計情報部，1985：昭和58年瀬戸内海地域の漁業，中国四国農林統計協会，pp. 1—153.

藤本知之・松本紀男・篠岡久夫，1973：イシガレイ幼稚魚の河口域における生態，栽培技研，**2**(1)，pp. 23—26.

M. Hatanaka and S. Iwahashi, 1953 : Studies on the population of the flatfishes in Sendai Bay. III. The biology of *Limanda yokohamae* (Günther). Tohoku Jour. of Agr. Res., **3**(2), pp 303–309.

M. Hatanaka, M. Kosaka, and Y. Sato, 1956 : Growth and food consumption in place. Part II. *Kareius bicoloratus* (Basilewsky). Tohoku Jour. of Agr. Res., **7**(2), pp 163–174.

石塚吉生，1978：福島県における魚類資源分布に関する研究—Ｉ．刺網に漁獲されたカレイ類の分布，福島水試研報，**5**，pp. 23—42.

伊東　弘・正木康昭・山口義昭，1984：親魚の分布と幼稚仔の生息環境（マコガレイ），近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究（マリーンランチング計画）—昭和58年度研究報告—農林水産技術会議事務局，pp. 36—37.

香川県・岡山県・山口県・福岡県・大分県，1973：昭和47年度　瀬戸内海栽培漁業事業　魚類放流技術開発調査結果報告（カレイ類），pp. 1—11.

香川県水産試験場・岡山県水産試験場・大分県浅海漁業試験場・山口県内海水産試験場，1974：昭和48年度　瀬戸内海栽培漁業事業　魚類放流技術開発調査，カレイ類総括報告書，pp. 1—25.

香川県水産試験場・岡山県水産試験場・福岡県豊前水産試験場・大分県浅海漁業試験場・山口県内海水産試験場，1975：瀬戸内海栽培漁業事業　魚類放流技術開発調査　カレイ類総括報告書　昭和46～49年度，pp. 1—51.

亀井正法，1980：相模湾北岸の砂底沖浜水域に生息する異体類（ヒラメ・カレイ類）の分布，神奈川県水試研報，**1**，pp. 25—33.

小金沢昭光・伊藤　章・石田信正・郷古富雄・後藤邦雄・末永明雄・吉田文一，1967：ヒラメ，カレイの種苗放流と漁場改良による資源培養方式に関する研究（カレイ類稚魚標識放流・放流稚魚の移動・成長）　別枠研究：浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究（仙台湾周辺漁場）　昭和46年度報告資料集，東北水研，pp. 29—50.

小坂昌也，1956：カレイ類の棲息場所選択と環境の評価についての実験的研究，日水誌，**22**(5)，pp. 284—288.

神戸海洋気象台海洋課，1985：周防灘の海況—1982～1983年特殊観測結果—，神戸海洋気象台彙報，**204**，pp. 1—16.

正木康昭・伊東　弘，1984 a：瀬戸内海西部海域におけるメイタガレイの系統群，南西水研報，**16**，pp. 11—51.

正木康昭・伊東　弘，1984 b：伊予灘産メイタガレイの系統群の再検討，南西水研報，**17**，pp. 159—182.

正木康昭・伊東　弘・山口義昭・原　健一・檜山節久，1985：底魚類の群集と現存量，昭和56～58年度　科学技術振興調整費海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究（第Ｉ期）　成果報告書，pp. 283—289.

岡山県水産試験場，1972：昭和46年度　瀬戸内海栽培漁業事業　魚類放流技術開発調査事業経過報告書，pp. 1—18.

大森迪夫，1974：仙台湾における底魚の生産構造に関する研究—Ｉ．マコガレイの食性と分布について，日水誌，**40**(11)，pp. 1115—1126.

大森迪夫，1975：仙台湾における底魚の生産構造に関する研究—Ⅱ．生息場および食物をめぐる魚種間の関係，日水誌，**41**(6)，pp. 615—629.

大森迪夫，1979：仙台湾における底魚の生産構造に関する研究—Ⅲ．環境条件の異なる海域間の魚類相の比較，西水研報，**52**，pp. 91—129.

大森迪夫，1979：仙台湾における底魚の生産構造に関する研究—Ⅳ．底魚群集の生産構造，西水研報，**52**，

pp. 131—168.

大分県浅海漁業試験場，1974 a：昭和48年度瀬戸内海栽培漁業事業　魚類放流技術開発調査報告書，pp. 1—19.

大分県浅海漁業試験場，1974 b：昭和49年度瀬戸内海栽培漁業事業　魚類放流技術開発調査事業中間報告（カレイ），pp. 1—14.

大分県浅海漁業試験場・山口県内海水産試験場・山口県内海栽培漁業センター，1985：昭和59年度　放流技術開発調査（マコガレイ）　総合報告書，pp. 総1—25，1—64，山1—40.

酒井保次，1984：浅海砂泥底におけるメイオベントスの定量的研究—瀬戸内海中，西部のメイオベントス現存量について—，日本ベントス研究会誌，27，pp. 14—21.

酒井保次，1985 a：ベントスの生産，メイオベントス，昭和56～58年度科学技術振興調整費，海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究（第Ⅰ期）成果報告書，科学技術庁研究調整局，pp. 257—259.

酒井保次，1985 b：周防灘におけるメイオベントスの生態学的研究，南西水研報，19，pp. 53—85.

水産庁，1980：昭和54年度　赤潮対策技術開発試験（潮流解析）報告書(1)　伊予灘・周防灘　流況図　流程図，pp. 1—26.

田北　徹・藤田矢郎，1964：メイタガレイの卵発生と仔魚前期，日水誌，30(8)，pp. 613—618.

玉井恭一，1985：ベントスの生産，マクロベントス，昭和56～58年度科学技術振興調整費，海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究（第Ⅰ期）成果報告書，科学技術庁研究調整局，pp. 253—256.

富山　昭，1956：山口県瀬戸内海に於ける重要生物の生態学的研究　第13報　メイタガレイの全長組成と食餌について，山口県内海水産試験場調査研究業績，8(1)，pp. 59—62.

富山　昭・陣之内征龍，1974：カレイ類の標識放流試験，栽培技研，3(1)，pp. 23—30.

藤　紘和・多胡信良，1972：カレイ類の漁場資源生態調査研究　調査対象魚種　イシガレイ，マコガレイ，福岡県豊前水産試験場　昭和46年度研究業務報告，pp. 29—50.

藤　紘和・多胡信良・林　功，1974：カレイ類の漁場資源生態調査研究（第Ⅱ報）—調査対象魚種：イシガレイ，マコガレイ—，福岡県豊前水産試験場　昭和47年度研究業務報告，pp. 1—108.

藤　紘和・林　功，1975：カレイ類の漁場資源生態調査研究第Ⅲ報—調査対象魚種イシガレイ・マコガレイ—，福岡県豊前水産試験場　昭和48年度研究業務報告，pp. 57—78.

山口県・福岡県・大分県，1975：西瀬戸地域漁業調査報告書，昭和46～49年度，pp. 1—245.

山口県内海水産試験場，1972：昭和46年度魚類放流技術開発調査結果報告書（資源生態漁場調査結果），pp. 1—25.

山口県内海水産試験場，1973：昭和47年度　瀬戸内海栽培漁業事業　魚類放流技術開発調査結果報告書（カレイ類），pp 1—40.

山口県内海水産試験場，1974：昭和48年度　瀬戸内海栽培漁業事業　魚類放流技術開発調査結果報告書（カレイ類），pp. 1—26.

山口県内海水産試験場，1975：昭和49年度　瀬戸内海栽培漁業事業　魚類放流技術開発調査事業報告書（かれい類），pp. 1—25.

山口義昭・伊東　弘・正木康昭・国行一正，1982：底生資源生物の変化の追跡，浅海域の海岸・海底形状変化に伴う影響調査，昭和55年度報告，南西水研・水産大学校，pp. 127—135.

山口義昭・伊東　弘・正木康昭・国行一正，1983：底生資源生物の変化の追跡，浅海域の海岸・海底形状変化に伴う影響調査，昭和56年度報告，南西水研・水産大学校，pp. 119—128.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No.20, 1986

土佐湾におけるヒメジの産卵・成長および移動について

堀川　博史・岸田　周三

Reproductive Cycle, Growth and Migration of Red Mullet, *Upeneus bensasi* in Tosa Bay, South-Western Japan

Hiroshi HORIKAWA and Shuzo KISHIDA

The red mullet, *Upeneus bensasi* (TEMMINCK et SCHLEGEL) is one of the subdominant demersal fishes on the continental shelf in Tosa Bay. Its bathymetrical distribution and suitable sampling gear were studied during 1973–1983. The results indicated the mullet to be mainly distributed at depths from 20 to 100m, and the otter-trawl to be suitable for sampling.

With these aspects, research was also carried out on the reproductive cycle, growth and migration of the mullet during 1983–1984. Relationship between size and gonad index showed that the minimum size at which females start to sexually mature was 110mm in total length. Seasonal changes in gonad index indicated the mullet to spawn from June to September. Monthly changes in size frequency distributions at various depths suggested that recruits in 1983 appeared at shallower in summer and early winter, and expanded their habitat to deeper as they grew larger. At the end of a year, habitat of the recruits was expanded to 100 m, and then most of the population was occupied by them. In following spawning season, the recruits in 1983 grew up to about 120mm at which size nearly all the females were capable of spawning. The relative density within the research area increased from August to December because of the recruitment, and then decreased rapidly due to death and emigration.

ヒメジ *Upeneus bensasi* (TEMMINCK et SCHLEGEL) は，アフリカ東岸・インド・フィリピン・台湾・中国および日本にわたって広く分布する（LACHNER 1954, THOMAS 1969）ヒメジ科 Mullidae の小型種である。我が国では各地の沿岸に産するが，中部以南に多く（檜山・安田 1961），土佐湾の浅海底帯（水深100m以浅）に生息する底生魚類のうちでは，マエソ *Saurida undosquamis* (RICHARDSON) に次ぐ準優占種である（通山・堀川 1984)。たとえば，1951—1962年には，豊後水道・日向灘・薩南の３海域で，中型２そうびき底びき網漁業*・小型底びき網漁業によって 相当な漁獲があったこと（工藤・通山 1967）が報告されている。とくに，中型２そうびき底びき網漁業による漁獲量が多く，上記３海域合計で年間120—420ｔが漁獲されていた。1958—1961年の４年間では，ヒメジの漁獲量は各海域ごとの魚種別漁獲量の３—９位に位置し，土佐湾でも５—12位に位置していた（横田他 1963)。また，ヒメジの稚仔魚は南西海区水域の代表的な表層性稚仔魚で（松田 1969)，1954—1964年の11年間では，日向灘での稚仔魚の採集量もカタクチイワシ

1985年10月22日受理，南西海区水産研究所業績第174号，〒739-04 広島県佐伯郡大野町
住所　南西海区水産研究所高知庁舎　〒780 高知市桟橋通り
＊昭和37年９月の漁業法一部改正により中型機船底びき網漁業は沖合底びき網漁業に名称変更された。

Engraulis japonica (HOUTTUYN)・ネズミギス *Gonorynchus abbreviatus* TEMMINCK et SCHLEGEL に次いで3位を占めていた（松田 1966）。しかし，小型魚のため1970年以降整備された太平洋中部・南部沖合底びき網漁業漁場別漁獲統計資料*には独立した魚種として登録されず，その他の魚種の項に含められている。このため，近年のヒメジの漁獲実態はほとんど明らかでない。しかし，太平洋沿岸中・南部海域の沖合底びき網漁業対象資源は，イボダイ *Psenopsis anomala* (TEMMINCK et SCHLEGEL)・ウマヅラハギ *Navodon modestus* (GÜNTHER) を除いては比較的安定していると考えられる（工藤 1980）ことから，2そうびき沖合底びき網漁業の漁獲量に占める近年のヒメジの位置も過去と大差ないものと予想される。

このように，南西外海域において，ヒメジは底生魚類の生物生産や漁業生産上も無視できない位置にあるが，その生態については，十分明らかにされていない。ここでは，ヒメジの分布水深・体長組成・産卵期・移動について検討し，若干の知見を得たので報告する。

本論に先立ち，有益な助言と批判をいただいた外海資源部通山正弘主任研究官，調査に際し多大な御協力をいただいたこたか丸日高覚船長はじめ乗組員各位に対し深謝の意を表する。

材 料 と 方 法

調査水域は，高知港口から磁針方位160°沖合の水深30m から 105m に至る線の西側約13kmである（Fig. 1）。当水域において1983年5月から1984年5月にかけて，南西海区水産研究所所属の

Table 1 Summary of the information about month and depth of otter-trawls towed by R/V Kotaka-maru in Tosa Bay from May 1983 to May 1984. Available trawls are marked with a cross. Reproductive cycle, grwoth and bathymetrical migration of *U. bensasi* are estimated with the data obtained by these trawls

Month	Depth 30m	45m	60m	75m	90m	105m
'83 May	+	+	+	+	+	+
Jun.	+	+	+	+	+	+
Jul.	+		+		+	
Aug.	+		+	+	+	+
Sep.	+	+	+	+		+
Oct.	+	+	+	+	+	+
Nov.	+	+	+	+	+	+
Dec.		+		+	+	+
'84 Jan.	+	+	+	+	+	+
Feb.	+	+	+	+	+	+
Mar.	+	+	+	+	+	+
Apr.	+	+	+	+	+	+
May	+	+	+	+	+	+

*南西海区水産研究所発行

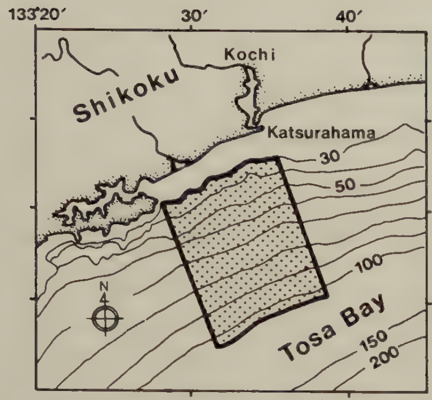


Fig. 1 Map showing research area in Tosa Bay. Otter-trawls were towed at six different depths monthly from May 1983 to May 1984.

Table 2 Number of trawls at each depth. Bathymetrical distribution of *U. bensasi* and sampling efficiencies of each net are estimated with the data obtained by these trawls

Depth range	Net		
	Otter 1*1	Beam1*2	Beam2*3
0m～	—	1	1
10m～	1	4	2
20m～	4	3	12
30m～	7	2	15
40m～	3	3	13
50m～	6	4	8
60m～	7	11	4
70m～	3	5	3
80m～	2	4	—
90m～	2	3	—
100m～	2	3	—
110m～	2	2	—
120m～	3	2	—
130m～	2	2	—
165m～	2	2	—
200m～	3	2	—
250m～	1	1	—
300m～	1	2	—
350m～400m	1	—	—

*1 otter-trawl towed by R/V Kotaka-maru from January 1973 to March 1983
*2 beam-trawl towed by R/V Kotaka-maru from January 1973 to March 1983
*3 beam-trawl towed by fishing boat Ginyo-maru from November 1972 to March 1973

調査船こたか丸（総トン数47.48 t）により，網口間隔５mの小型オッタートロール網を用いて調査が行われた。なお，このトロール網のコッドエンドの目合は23㎜である。

当水域の水深 30m・45m・60m・75m・90m・105m で毎月１時間曳網各１回，合計６曳網を行って，標本を採集した。しかし，障害物による破網や天候悪化のための曳網中止もあり，今回の解析には正常に曳網が行われた合計71曳網の資料を用いた（Table 1）。

分布水深範囲と調査漁具の検討　上記の調査手法の妥当性を吟味するためヒメジの分布水深範囲と調査漁具について検討した。本項では，上記資料とは別の資料を用いた。これらは，1983年３月以前にこたか丸および小型底びき網漁船銀洋丸（総トン数3.93 t）によって得られた調査資料である。こたか丸の資料は，1973年１月から1983年３月にかけて，今回の調査水域を含む土佐湾中央部の水深10mから400mで行われたオッタートロール網52曳網，ビームトロール網56曳網の結果である。銀洋丸の資料は，1972年11月から1973年３月にかけて同水域の水深80m以浅で行われたビームトロール網58曳網の結果である。これらトロール網の水深別曳網実績を Table 2 に示す。これらすべての網はほぼ同一の仕立てであるが，オッタートロール網として用いる場合は 56×125㎝ の開口板を取りつけ，ビームトロール網として用いる場合は網口に 6.5m のビームを取りつけた。これらの網の網口間隔（手木間隔）は，設計上オッタートロール網では５m，ビームトロール網では６mであるので，掃過面積は曳網距離にこれらの網口間隔を乗じて求めた。なお，漁船銀洋丸のビームトロール網はこの漁船が小型底びき網漁業で用いているものと同一である。

産卵期　産卵期の調査にあたっては，合計1,158個体の標本を用いた。月ごとの供試個体数を Table 3 に示す。各個体の生殖腺熟度指数（GI）は次式により求めた。

$GI = GW/TL^3 \times 10^7$

GW：生殖腺重量（g）

TL：全長（mm）

体長組成　体長組成の解析にあたっては，月ごとに全水深での全長（TL）の測定結果を合計し，Cassie（1954）の方法を用いて年級群解析を行った。

深浅移動と相対密度の変化　月別・水深別の掃過面積1,000 m²当りの採集個体数を計算し，体長組成の解析の結果と合わせておもに加入群の深浅移動を検討した。

また，月ごとに全水深での曳網結果を合計し，掃過面積1,000 m²当りの採集個体数を求め，これを調査水域内のヒメジの相対密度とした。

結　　　果

分布水深範囲と調査漁具の検討　漁具別・水深別のヒメジの採集状況を Table 4 に示す。銀洋丸のビームトロール網では80m以深の資料がないが，こたか丸の場合では水深10—100mでオッター・ビーム両トロール網によってヒメジが例外なく採集されている。しかし，100—130mでは漁具によっては，採集されない水深がある。さらに水深130m以深では，ヒメジは両漁具でともに採集されていない。また，浅い方に着目すると，水深10—20mでは，銀洋丸のビームトロール網でヒメジが採集されておらず，10m以浅では，両ビームトロール網で採集されていない。

Table 3　Number of samples examined for gonad index

Month	♀	♂	?	Total
'83 May	48	17	21	86
Jun.	43	37	—	80
Jul.	15	13	—	28
Aug.	21	19	11	51
Sep.	18	15	13	46
Oct.	19	20	46	85
Nov.	23	15	62	100
Dec.	35	14	31	80
'84 Jan.	58	30	32	120
Feb.	63	36	30	129
Mar.	63	47	10	120
Apr.	45	68	—	113
May.	62	57	1	120

?：unidentified

Table 4　Presence or absence of *U. bensasi* in the materials fished by different three nets at each depth
+, present ; −, absent

Depth range	Net		
	Otter 1	Beam 1	Beam 2
0m～		−	−
10m～	+	+	−
20m～	+	+	+
30m～	+	+	+
40m～	+	+	+
50m～	+	+	+
60m～	+	+	+
70m～	+	+	+
80m～	+	+	
90m～	+	+	
100m～	−	+	
110m～	+	+	
120m～	−	+	
130m～	−	−	
165m～	−	−	
200m～	−	−	
250m～	−	−	
300m～	−	−	
350m～400m	−	−	

次に，各漁具のヒメジに対する漁獲性能を比較するため，銀洋丸の曳網水深（Table 2, Table 4）にあわせて，水深20—80mの範囲で曳網結果を検討する。この範囲内の曳網結果を合計し，漁具別に掃過面積1,000m²当りのヒメジの採集個体数を示したものが Table 5 である。これによると，こたか丸のオッタートロール網で最も値が高く，こたか丸のビームトロール網で最も値が低い。しかし，両ビームトロール網による値には，それほど大きな差はなく，この資料では，オッタートロール網はビームトロール網に比べ，ヒメジにたいして約5—6倍の漁獲性能を示している。

Table 5 Comparison of sampling efficiencies (No./1000m² of trawling) for *U. bensasi* among three nets. These efficiencies are computed with the data obtained by trawls towed at depths from 20 to 80m shown in Table 2

Net	No./1000m²
Otter 1 (Kotaka-maru)	3.18
Beam 1 (Kotaka-maru)	0.55
Beam 2 (Ginyo-maru)	0.77

産卵期　月ごとの全長（TL）と生殖腺熟度指数（GI）の関係を Fig. 2 に示した。これによると，1983年5月から10月および1984年5月で高いGI 値を示す雌が多数出現している。これらの期間では，雌の場合 TL 100—110㎜以上で高い値を示している。雄の場合は，同様の期間でやや高い値を示す個体が出現しているが，雌ほどに顕著ではない。これは，精巣が卵巣に比べ極めて小さいことに起因している。たとえば，今回採集された個体のうち，最大の精巣でも0.45g（TL 132㎜：1984年6月採集）しかなく，これに対し卵巣は7.25g（TL 196㎜：1983年6月採集）であった。

Fig. 2 より，産卵期がおおよそ5月から10月の範囲内にあることがわかるが，より詳細に産卵期を検討するため，TL 110㎜以上の雌について月ごとの GI の平均値と標準偏差を計算した (Fig. 3)。これによると，GI の平均値は1983年の5月から6月にかけて急激に高まり，以後6月をピークとして9月にかけて緩やかに低下している。そして，それ以後11月にかけて値の急激な低下が見られ，11月から翌年の4月にかけてほぼ一定の低い値となっている。しかし，5月になると再び値の急激な増加がみられている。標準偏差は GI の平均値が急激に増加するときと低下するときにやや大きい。

体長組成　月ごとのヒメジの体長組成を Fig. 4 に示す。これによると，1983年5月では平均 TL 110㎜の1群が分離された。6月にはその群が平均 TL 120㎜となり，わずかながら TL 90㎜以下の個体も出現している。7月にはその群が平均 TL 124㎜となり，6月同様 TL 90㎜以下の個体も出現している。また，8月には TL 40㎜内外の小型個体の出現がみられている。9月には，平均 TL 73㎜の大きな加入群が認められた。11月にはその群が平均 TL 91㎜となるが，より小型の加入群（平均 TL 67㎜）が再び認められた。これら1983年加入群を以下単に加入群と呼ぶことにする。

12月になると加入群は平均 TL 97㎜の1群しか分離されず，この時点で平均 TL 138㎜に成長した大型群は，以後出現割合の低下により分離不能となった。翌年1月から3月までは，加入群の平均 TL はほとんど変化していない。しかし，4月から再び成長しはじめ，5月には前年と同様平均 TL 110㎜となった。

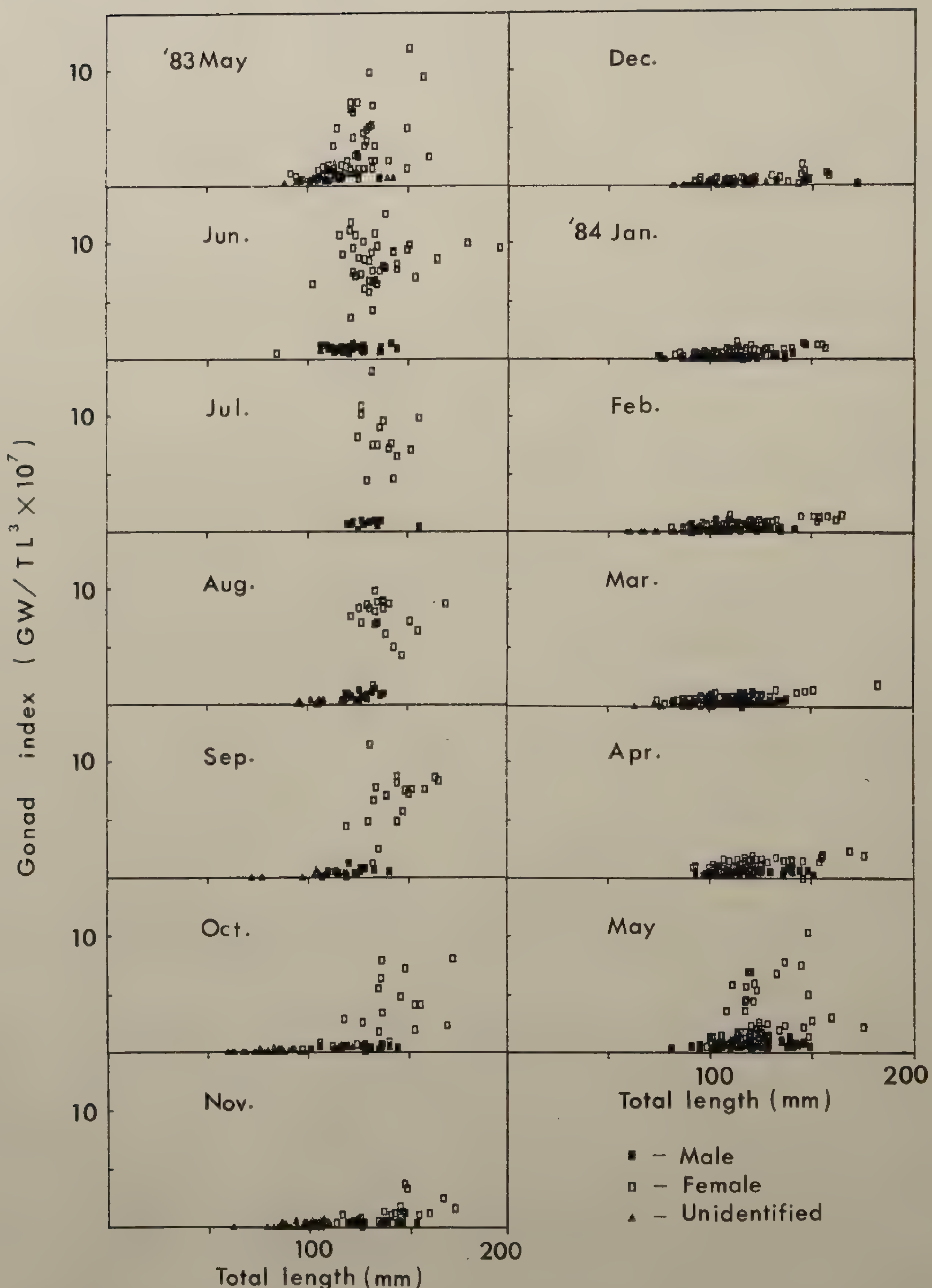


Fig. 2 Relationship between size and gonad index (*GI*) on each month. *GW*, gonad weight (g); *TL*, total length (mm).

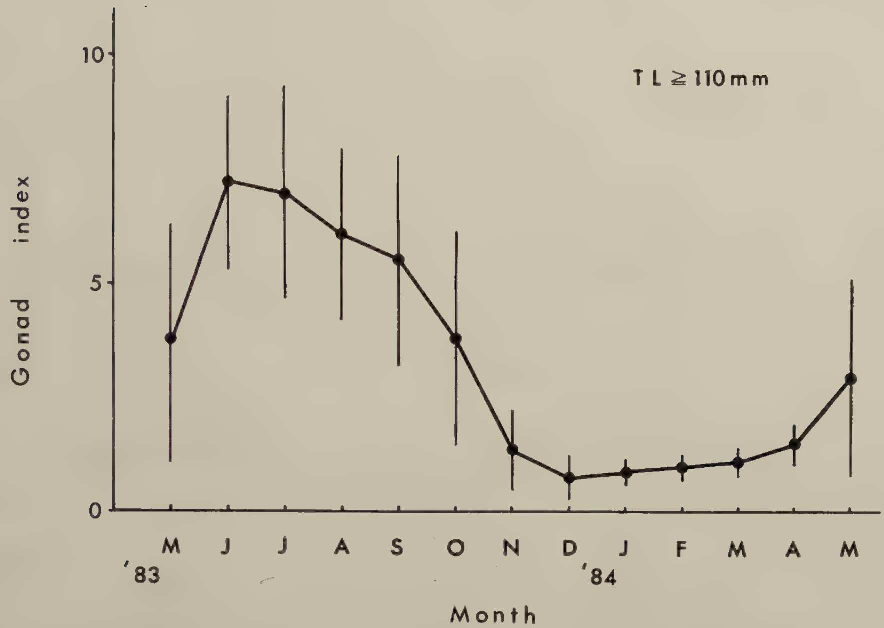


Fig. 3 Monthly means of gonad indices of females not smaller than biological minimum size (*TL* 110mm) inferred from Fig. 3. Vertical bars give standard deviations.

Table 6 Size ranges ($\mu \pm 2\sigma$) of recruiment group and large size group, and criteria for recruits. μ and σ are estimated monthly from size frequencies by CASSIE's method

unit mm

Month		*Recruitment Group* $\mu-2\sigma \sim \mu+2\sigma$	*Large Size Group* $\mu-2\sigma \sim \mu+2\sigma$	Criteria for recruits
'83	May.		90 ~ 130	TL≦87
	Jun.		97 ~ 143	≦87
	Jul.		106 ~ 142	≦87
	Aug.		108 ~ 140	≦87
	Sep.	59 ~ 87	93 ~ 153	≦87
	Oct.	58 ~ 98	98 ~ 150	≦98
	Nov.	76 ~ 106	109 ~ 151	≦106
		(49 ~ 85)		
	Dec.	78 ~ 116	121 ~ 155	≦116
'84	Jan.	74 ~ 128		≦128
	Feb.	76 ~ 129		≦129
	Mar.	74 ~ 134		≦134
	Apr.	78 ~ 134		≦134
	May.	87 ~ 133		≦133

μ: mean value of total lengh σ: standard deviation

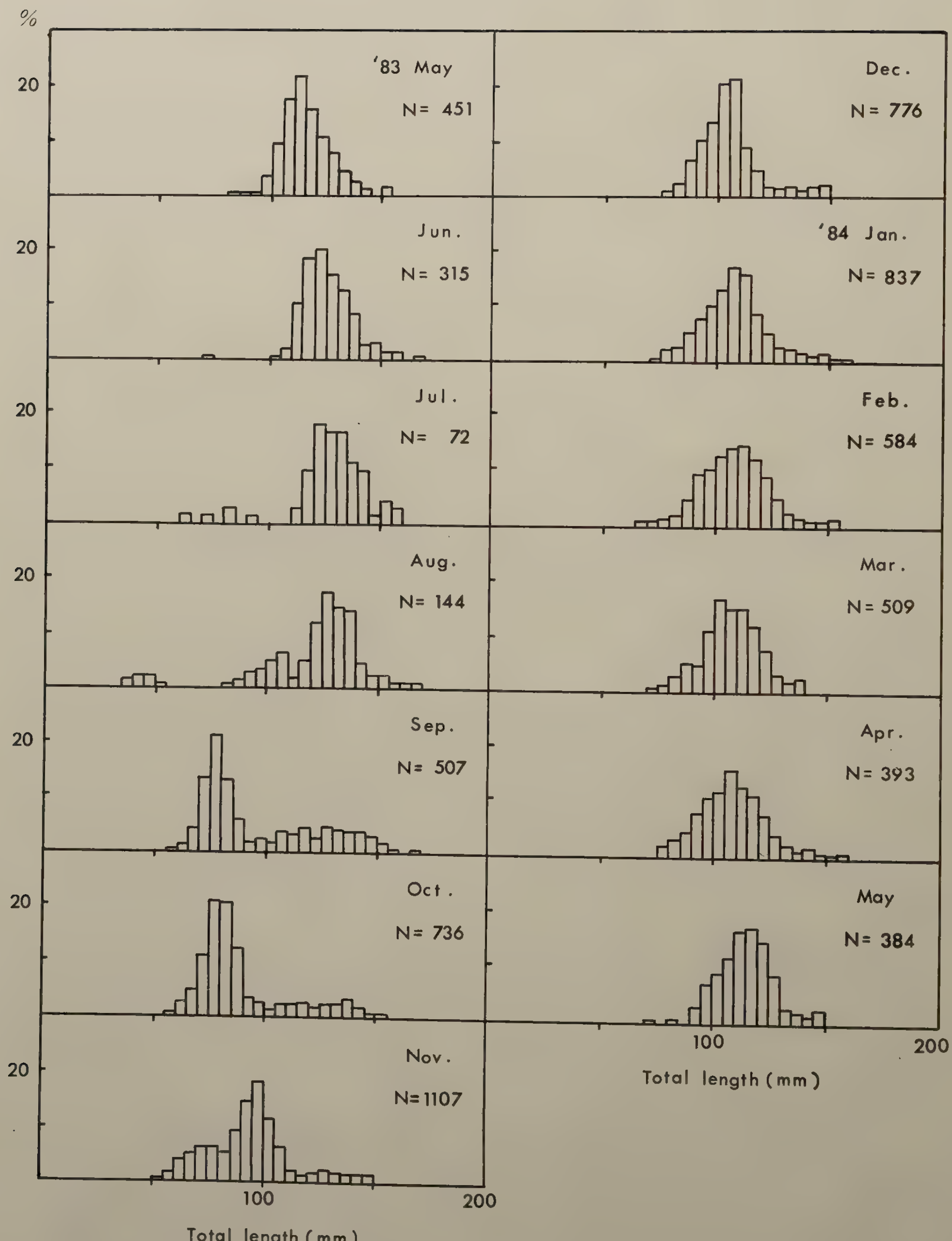


Fig. 4 Size frequency distribution of all samples measured on each month.

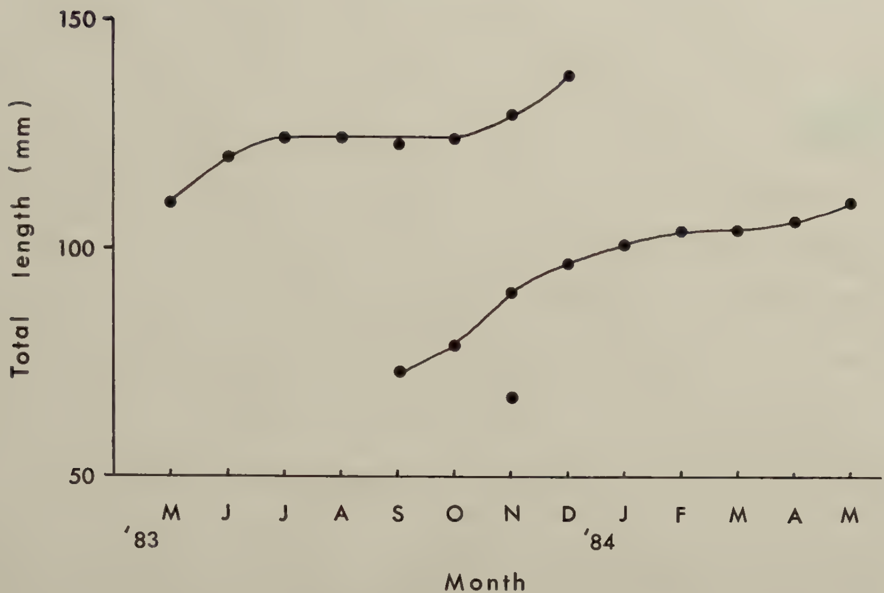


Fig. 5 Monthly means of total length of the size groups separated by CASSIE's method with probability paper.

これら平均 TL の月ごとの推移を Fig. 5 に示す。これによると，大型群では７—10月にかけて成長の停滞がみられている。また，加入群は９—12月にかけて急激に成長するが，それ以後成長速度は鈍り，厳冬期の２・３月にはほとんど成長を示していない。しかし，４月には再び成長を開始している。

深浅移動と相対密度の変化　体長組成の項で得られた各正規分布の $\mu \pm 2\sigma$（μ：平均，σ：標準偏差）を月別に，加入群と大型群に分けて示したものが Table 6 である。これによると，$\mu \pm 2\sigma$ つまり95.45％範囲をとっても，加入群と大型群が混在していると認められる９—12月において，互いの範囲が重複することがない。そこで，明瞭な加入群の認められる1983年９月以後は，加入群の $\mu + 2\sigma$ を規準として，これより小型のものを加入群とした。また，それ以前は明瞭な加入群を形成していないものの，小型個体の出現がみられているので，この場合９月の加入群の規準（TL＜87㎜）を準用した。この規準を用いて月別・水深別の体長組成よりそれぞれ加入群の比率を求めた。

Fig. 6 は月別・水深別の掃過面積1,000 ㎡当りの採集個体数と，それに占める加入群の比率（白色部）を示したものである。これによると，1983年５月では水深30—75mの範囲でヒメジの分布密度が高く，やや浅い方へ分布が偏っている。６月には，45—75mで密度が高く，30mにはわずかしか分布しない。７・８月は全体的に分布密度が低く，90m では７月に，105m では８月にヒメジが採集されていない。９月になると，まず水深60m で密度が高まり，10月には30・75mでも密度が高まる。11月には30—90m全体で高密度となり，12月以後翌年３月にかけて，全体的に密度が漸減する。４・５月には水深30mで高密度となっているが，45m以深では密度が低い。

加入群は，わずかではあるがまず６・７月に30m で出現し，８・９月には60m，10月には90m,

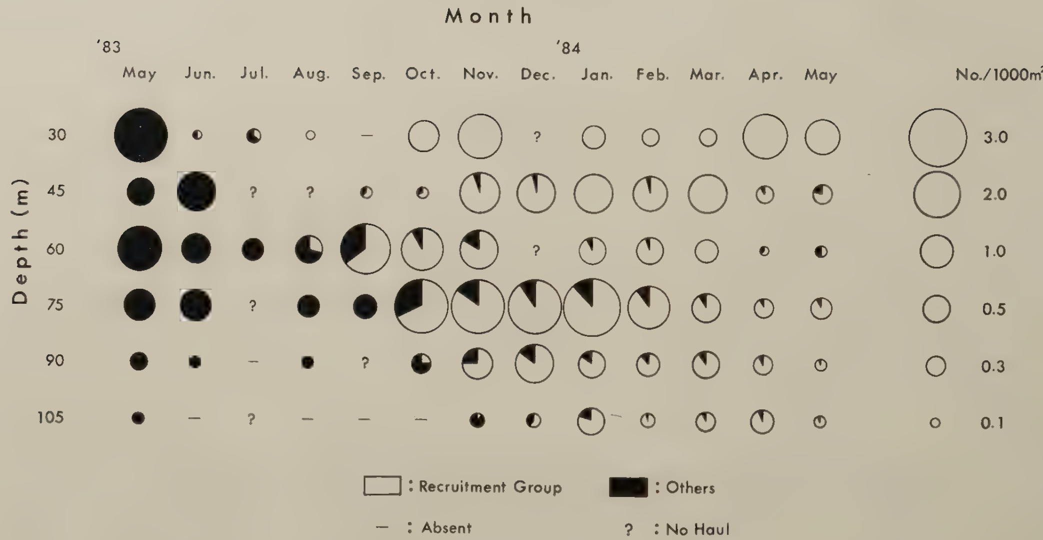


Fig. 6 Monthly chang of number per 1000m² of trawling as relative density (circles) and ratios of recruitment group (white) at six depths. The ratios are computed at each depth with the criteria for recruits estimated monthly. The criteria are shown in Table 6.

11月には105mに現われている。そして翌年の1月には，すべての水深においてその大部分が加入群によって占められるようになる。

また，体長組成の項ですでに指摘したように，加入群は，まず9月に平均 TL 73㎜の明瞭な群として現われ，11月に平均 TL 91㎜に成長している。しかし，11月には，より小型の加入群（平均 TL 67㎜）が再び出現した。そこで，以下，前者を前期加入群，後者を後期加入群と呼ぶことにする。水深別にみると，11月の水深30mでは，TL 100㎜ 以上の個体は出現せず，TL 80㎜ 以下の個体がその大部分を占めている（Suppl.-fig. 1)。一方，水深60m以深では TL 80㎜以下の個体はほとんど出現していない。このことは，11月に出現した後期加入群（Fig. 4）の多くが，水深30mに出現した個体によって構成されていることを示している。また，体長組成で判断する限り，11月の60m以深では，後期加入群は出現せず，前期加入群と大型群しか認められない。この兆候はすでに10月の30mでも認められる。10月の水深別体長組成（Suppl.-fig. 1）を見ると，30mでの加入群が，採集数の少ない45mを除いて，他の水深での加入群よりやや小型であることがわかる。また，水深30mでの加入群が他の水深より小型であるという体長組成上の傾向は，11月以降翌年の4月まで続く。その間に30mでの密度は月を追って減少し，4月になると再び密度が高まる（Fig. 6)。

調査水域内全体の相対密度の月別変化を Fig. 7 に示す。これによると，1983年5月から7月にかけて密度が急激に減じ，8月より増加に転じている。以後11月まで急激な増加が続き，12月を頂点として翌年2月にかけて再び急激に減少し，それ以後もやや緩やかな減少が続く。このように，調査水域内のヒメジの密度は極めて明瞭な季節変動を示す。また，1983年5月と1984年5月を比較すると，密度は1983年の方が明らかに高い。

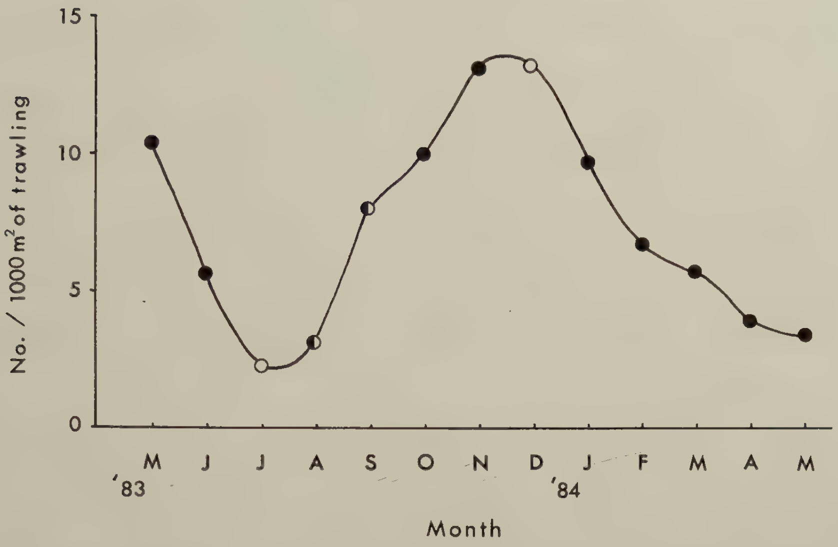


Fig. 7 Monthly change of relative density (No./1000m² of trawling). ●, relative density estimated by amount of all six depths; ◐, relative density estimated by amount of five depths; ○, relative density estimated by amount of depths less than five.

考　　察

分布水深範囲と調査漁具の検討　Table 4 に示したように，採集例の上限と下限は水深10m付近と130m付近にあるが，この場合はいずれも採集個体数が少ない。しかし，20m以浅では曳網数が少ない（Table 2）こともあって，出現範囲の上限はかなり浅い方へ修正される可能性がある。和歌山県水産試験場（1962）によると，紀伊水道北東部では水深5m以浅でもヒメジが採集されている。しかし，このような浅い水域で毎月ヒメジが採集されたわけではなく，しかもそのほとんどがTL 100mm以下の小型個体であり，それ以上になると水深20m以深に生息するようになる。一方，今回用いた3種類の漁具では，水深20m付近までは例外なくヒメジが採集されている。しかし，それ以浅になると，漁具によっては採集されていない場合がある。これらのことから，ヒメジの主分布域の上限は水深20m付近にあるとするのが妥当であろう。

また，分布の下限に着目すると，水深100m付近まではこたか丸によるオッター・ビーム両トロール網で例外なくヒメジが採集されているが，それ以深では漁具によっては採集されていない場合がある。また，深浅移動の項でも明らかなように，水深105mでは1年間に5カ月間もヒメジが採集されていない（Fig. 6）。したがって，主分布域の下限は100m付近とするのが妥当であろう。堀川・通山（1985）によると，土佐湾の底生魚類相は水深に従って，浅海底帯（30—100m）・推移帯（100—165m）・上部漸深底帯（165—400m）に区分されており，この浅海底帯における準優占種であるヒメジ（通山・堀川　1984）も，おおよそこの区分に従うものと考えられる。

ヒメジの生態の基本特性を明らかにするため，今回水深30・45・60・75・90・105mで周年調

査を行ったが，これらは上記の知見から，ほぼヒメジの主分布域を網羅していると言えよう。しかし，より浅い水深での情報が欠落していることには問題がある。

調査漁具は，対象とする魚種に最も適したものを選択することが必要である。堀川・通山（1984）はオッタートロール網とビームトロール網の漁獲性能を比較し，カレイ目魚類などの定着性の強い魚種では大きい差はないが，魚類の漁獲に関しては全般的にオッタートロール網の方が優れていることを指摘している。Table 5 からわかるように，ヒメジの採集に関しては，ビームトロール網よりもオッタートロール網の方が明らかに優れている。各漁具の比較に用いた資料が，同時期・同水深・同回数で得られたものではないことを勘案しても，両漁具間の漁獲性能にはかなりの差が想定できよう。

産卵期　Fig. 2 より，雌の場合５—10月に TL 100-110㎜以上で高い GI を示す個体が多いことからみて，雌の生物学的最小形はほぼ TL 110㎜付近と考えられる。雄の場合は，精巣が小さいこともあり，GI のみでは生物学的最小形を確定することは困難であった。この点については，組織学的研究に待たなければならないが，雄の生物学的最小形も，雌の場合と大きく異なることはないと予想される。インド南部沿岸のポーク湾（Palk Bay）とマンナル湾（Mannar Bay）産のヨメヒメジ *Upeneus tragula* RICHARDSON の研究（THOMAS 1969）では，雌の生物学的最小形は TL 120㎜とされ，ヒメジとほぼ同様の値が報告されている。また，雄の場合，完熟個体が採集されていないが，生物学的最小形は雌と大差ないであろうとされている。

上述のように，ヒメジの雌の生物学的最小形は TL 110㎜付近と考えられるので，産卵期の検討に当っては，この大きさ以上で，雌の GI の変化を吟味すればよい。Fig. 3 によると，その平均値は，６月から９月にかけて特に高い値を示している。また，その間でも６・７月がピークであることから，土佐湾でのヒメジの産卵期は６—９月にあり，その盛期は，６・７月と考えられる。

松田（1969）によると，土佐湾を含む南西海区水域ではヒメジの卵・稚仔魚は３—12月に出現し，卵は６—７月が最も多く，この時期に年間の約90％が採集される。このことは，本報の結果と良く一致する。また，工藤・通山（1967）によると，北日向灘でのヒメジの産卵期は６—11月とされており，土佐湾よりもやや長期にわたっている。ヒメジと同属の *Upeneus parvus* POEY では，メキシコ湾で６月に雄と雌の成熟個体が採集されている（CALDWELL 1962）。また，インド南部沿岸でのヨメヒメジの産卵期は５—11月の長期間にわたり，６月と９月にその盛期がある（THOMAS 1969）。そして，各個体はその期間内に１回以上産卵する可能性が示されている。このように，既往の知見によると，*Upeneus* 属では，６—９月に産卵盛期が存在することが多い。

体長組成　平均 TL の月ごとの推移(Fig. 5) をみると，1983年５月の大型群の平均 TL は 110㎜であり，1984年５月の加入群の平均 TL と同一である。このことから，加入群のその後の成長は，前年の大型群とほぼ同様に推移するものと思われる。したがって，加入群の発生時期が明らかとなれば，その後の年齢と全長の関係が推定できる。しかし，結果の項で示したように，土佐湾では加入群が２群認められている。前期加入群はすでに６・７月に現われ，９月には明瞭な群を形成し，後期加入群は11月に出現する。しかし，12月以降は Fig. 4 の体長組成から，前・後

期加入群を分離することはできなかった。これは，両群の混合比が高まったためと解釈される。一方，水深別にみると，11月の水深30m付近に後期加入群が現われた後，翌年の4月まで30mの加入群が他の水深のものより小型である傾向が維持されている。このことは，12月以降もまだ完全に前・後期加入群の分布域が一致していないことを示しているといえよう。また，紀伊水道北東部では7月に TL 50-60㎜の群が現われ，11月には，これとは別の成長系に属する TL 50-60㎜の群が現われる（和歌山県水産試験場 1962）。北日向灘では，7・8月に標準体長(SL)40-70㎜級の群が小型底びき網の漁獲物中に出現し，12月には SL 50㎜に山をもつ群が船びき網に出現する（工藤・通山 1967）。このように，南西海区水域ではヒメジの加入群は7—9月と11・12月の年2回出現すると考えられる。しかし，土佐湾での産卵盛期は，両加入群に対応して2度存在するのではなく，6—7月の1度だけである。6—7月に産卵が行われ，9月で TL 73㎜に成長すると考えると，ヒメジの初期成長はかなり早いことになる。また，土佐湾の前期加入群が紀伊水道北東部で7月に現われた加入群と同一であるとすると，産卵盛期において，すでに TL 50—60㎜に成長していることになる。一方，工藤・通山（1967）は前期加入群を前年の産卵に由来するものとしている。しかし，前期加入群が前年の産卵盛期に由来するものとすると，満1年で TL 50-60㎜付近までにしか成長しないことになる。これらのことにより，前期加入群は前年の産卵期の後期に由来するものか，あるいは産卵期の早いより南方の水域に由来する当才群である可能性が考えられる。一方，後期加入群はその年の産卵盛期から5・6カ月後の11月に平均 TL 67㎜として現われるので，その年の産卵盛期に由来する当才群と解釈しても，矛盾はない。しかし，何れにせよ加入時の年齢に関しては不明の点が多く，今後年齢形質や卵稚仔の出現状況からの検討がなされなければならない。

加入後の成長をみると，見掛け上，厳冬期の2・3月と7—10月に成長の停滞がみられている (Fig. 5)。前者は水温低下に伴う生理活性低下の結果と解釈される。後者の場合は，まず産卵による影響が想定される。ヒメジの産卵期は6—9月であり，その時点ではすでに大部分の個体は雌の生物学的最小形（TL 110㎜）をこえている（Fig. 4）。したがって，その中のほとんどの雌は産卵に参加できる状態にあると推定される。一方，産卵期に入ると調査水域内での密度が急減し（Fig. 6），しかも，9月にはわずかながら平均 TL が低下する現象がみられている（Fig. 5)。このような密度の減少は産卵死亡または調査水域外への逸散によるものであろう。かりに，このような現象が体長の大きいものから起こるとすれば，見掛け上，成長の停滞がみられることになるので，7—10月の成長の停滞を産卵の影響によるものだけとは断定できない。

深浅移動と密度指数の変化　加入群は，まず6—7月に水深30mに現われ，月を追うごとにその分布の下限が深くなっている（Fig. 6)。そして，11月には主分布域の下限である水深100m 付近に達する。紀伊水道北東部では，7月に水深5m以浅の水域で TL 50-60㎜の小型群が現われ，その後月を追って深所へ移動する（和歌山県水産試験場 1962)。また，土佐湾で11月に現われる後期加入群（Fig. 4）は，そのほとんどが水深30mに出現している（Suppl.-fig. 1)。30mでは，11月以降も他の水深ではあまり見られない TL 80-90㎜以下の小型個体の割合が依然として高い。これらは，後期加入群由来の個体と解釈することができるが，その密度は月を追って減少してお

り（Fig. 6），後期加入群が徐々に深みへ移動した傾向がうかがえる。この傾向は，ここでの密度が急激に高まる1984年の４・５月まで続く。これらのことより，水深30mでは11月以降４月まで，後期加入群由来の小型個体が残存し，成長したものから深みへ移動するという可能性が考えられる。しかし，前期加入群では水深30mに小型個体が残存する傾向は認められない。これは，前期加入群の出現時期が夏期のため，速やかに成長が行われることと関連があろう。いずれにせよ，ヒメジは浅い方で定着・加入し，以後成長とともに深みへ生活域を拡大するものと考えられる。

一方，４・５月になるとそれ以前とは逆に水深30mで密度が高まる。1983年５月では翌年のように30mだけで密度が高いわけではないが，分布は明らかに浅い方に偏っている。また，1984年の４・５月の体長組成（Suppl.-fig. 1）をみると，それ以前と違い，水深30mの体長組成は他の水深の組成と大きく異なってはいない。とくに，５月ではその差はほとんどない。このことは，やや大型な個体の分布する他の水深から水深30mへ移動こ起こったことを示している。また，1983年の５月の体長組成も翌年同様，各水深間で差は認められない。４・５月はヒメジの産卵期の直前に当り，急激に成熟する時期であることから，これらは産卵に関連する行動と解釈できる。

調査水域内全体の相対密度は結果の項で明らかなように、極めて明瞭な季節変動を示す（Fig. 7)。1983年８月より11・12月までの密度の急激な増加は明らかに加入によるものである。しかし，以後密度は一転して急激な減少となる。工藤・通山（1967）によると，ヒメジの CPUE は薩南・豊後水道では１月に山をもつ緩やかな凸型で、日向灘では３月まで累進的増加傾向をとり，４月に減少を示す。このように，薩南・豊後水道では，土佐湾でのピーク形成時より１・２カ月遅れて密度のピークが現われているものの，ほぼ同様なパターンで増減している。これらのことより，薩南・豊後水道での１月を頂点とする CPUE の増加は加入群によるものと解釈できる。しかし，日向灘ではこれらの水域とは本質的に異なるパターンを示している。

一方，調査水域における12月以降の密度の減少は極めて急激であり，これらを死亡のみで説明することは困難であろう。当然調査水域からの逸散を想定しなければならない。結果の項で明らかなように，本調査はほぼヒメジの主分布水深を網羅しており，調査水域からの逸散は，水平的な移動を意味する。しかし，その規模および範囲に関しては不明である。

摘　　要

土佐湾の大陸棚上で，底生魚類のうちの準優占種である，ヒメジの産卵・成長・移動に関する調査を行った。また，調査水深範囲・調査漁具といった，調査手法の妥当性に関する検討も合わせて行い，以下の知見を得た。

1. 土佐湾でのヒメジの主分布域は水深20—100mにあり，本調査はほぼこれを網羅していた。
2. 調査漁具としては，ビームトロール網よりもオッタートロール網の方が明らかに優れていた。
3. ヒメジの生物学的最小形は雌では TL 110㎜と推定されたが，雄では生殖腺が非常に小さく，生殖腺熟度指数で，生物学的最小形を明らかにすることができなかった。

4. 土佐湾での産卵期は6—9月にあり，その盛期は6・7月と推定された。

5. 1983年においては，ヒメジの加入は9—11月にかけて起こり，この期間中，9月に前期加入群が，11月に後期加入群が現われた。既往の知見を含めて検討した結果，南西海区水域では，発生時期を異にすると思われる2加入群が7—9月と11・12月に現われるものと考えられた。

6. 1983年の前・後期加入群の加入時の全長はどちらも平均TL 70mm前後であった。しかし，12月以降は，これら両加入群を体長組成から分離することはできなかった。1983年加入群は，翌年の1月には TL 100mm前後，6月には TL 120mm，12月には TL 138mm前後に成長するものと推定された。しかし，両加入群の発生時期を特定できなかったため，年齢と体長の関係を明らかにすることはできなかった。

7. 月別・水深別の体長組成を検討した結果，加入はまず浅い方で起こり，以後成長とともに深みへ生活域を拡大すると推定された。

8. 産卵期直前の4・5月には，水深30—45m付近の浅所への移動が認められた。これらは，産卵に関連する行動と解釈された。

9. 調査水域内の相対密度は1983年8月から11月にかけて急激に高まり，12月を頂点として以後急激に減少した。8月から11月の密度の増加は，加入によるものと推定された。しかし，12月以後の急激な減少は死亡だけではなく，逸散による可能性もあると考えられた。

文　　献

Caldwell, M. C., 1962: Development and distribution of larval and juvenile fishes of the family Mullidae of the Western North Atlantic. *Fish. Bull. U. S. Fish. Wild. Serv.*, **62**, 403–456.

Cassie, R. M., 1954: Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, **5**, 513–522.

檜山義夫・安田富士郎，1961：日本水産魚譜，解説．日本水産株式会社，東京，p.155．

堀川博史・通山正弘，1984：オッタートロール網及びビームトロール網の漁獲物組成の比較検討，昭和58年度漁業資源研究会議西日本底魚部会報告．水産庁，東京，81—88．

堀川博史・通山正弘，1985：土佐湾の大陸棚および大陸斜面域における底生魚類相の水深別区分．日水誌，**51**(8)，1275—1280．

工藤晋二，1980：南西海域底魚資源，底魚資源．青山恒雄編，恒星社厚生閣，東京，166—191．

工藤晋二・通山正弘，1967：太平洋南区における底魚類漁獲量の季節変化．南水研報，(25)，131—151．

Lachner, E. A., 1954: A revision of the goatfish genus *Upeneus* with descriptions of two new species. *Proc. U. S. Natn. Mus.*, **103**, 497–532.

松田星二，1966：日向灘及びその周辺海域における魚卵・稚魚の出現に関する2・3の考察．南水研報，(23)，1—30．

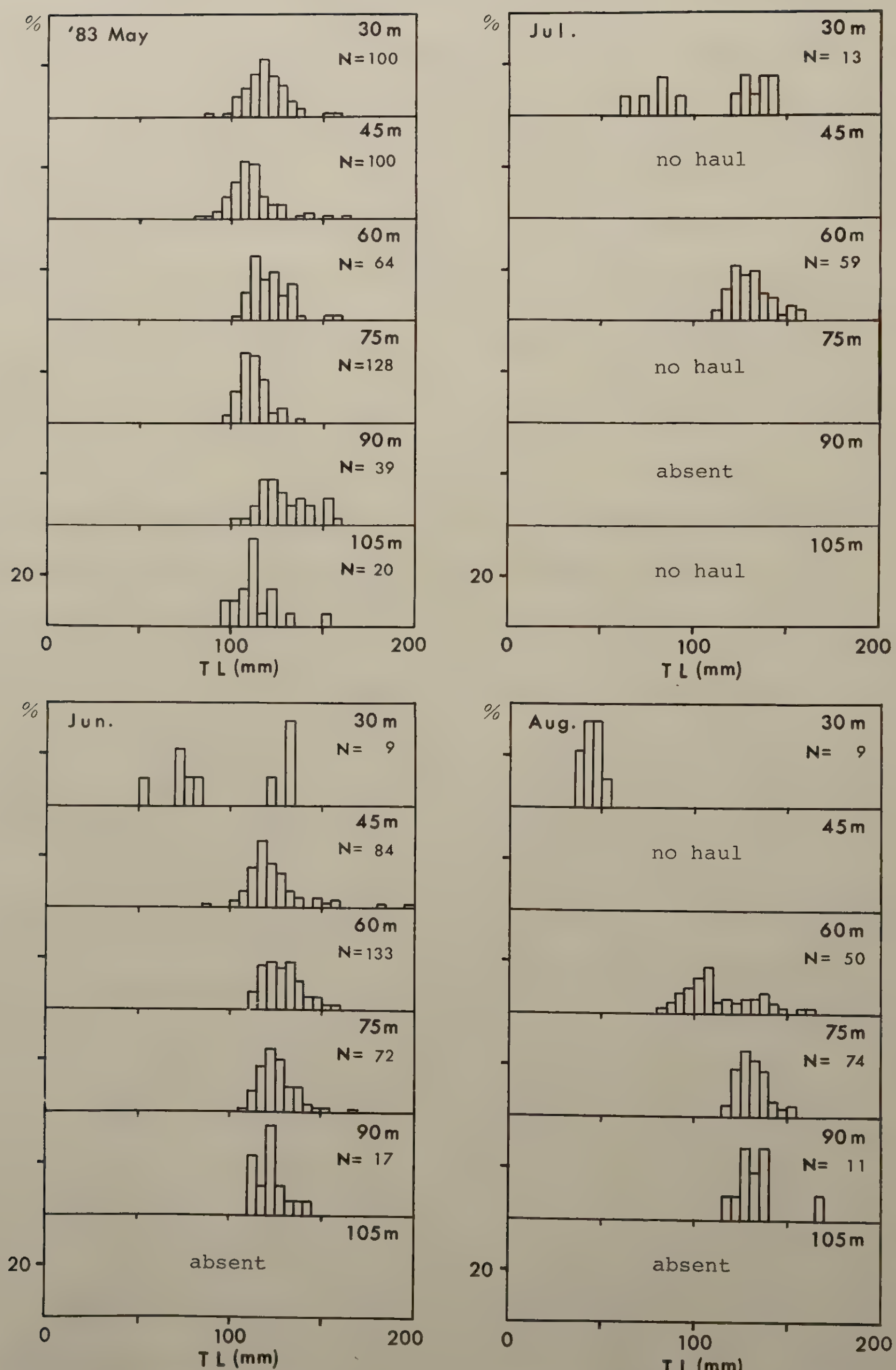
松田星二，1969：南西海区水域に出現する魚卵・稚魚の研究—I　出現種類と出現期．南西水研報，(2)，49—83．

Thomas, P. A., 1969: Goat fishes (family Mullidae) of the Indian sea, Mar. biol. Ass. India. Mem. III. Marine blological Association of India, Mandapam Camp, p. 174.

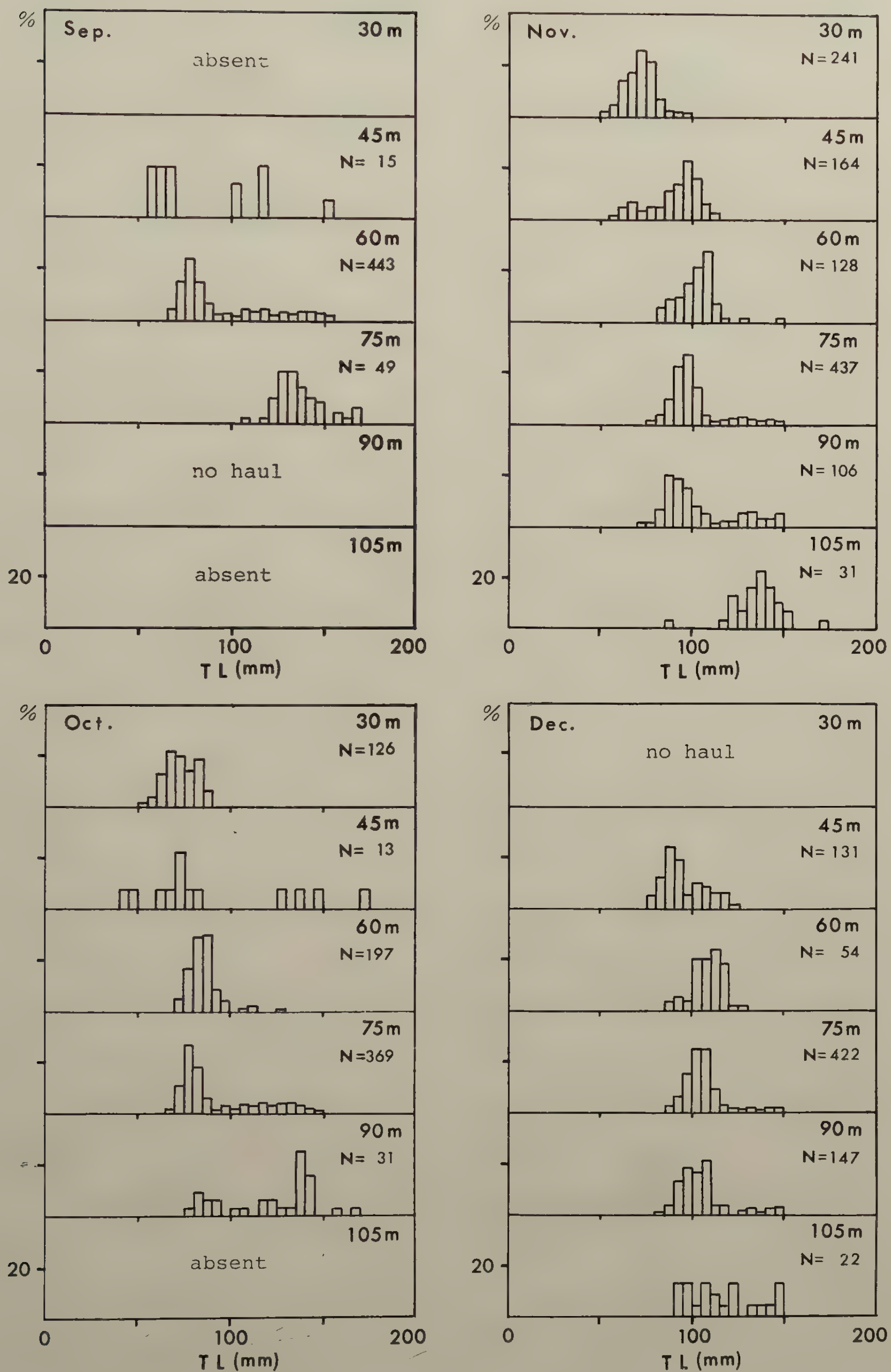
通山正弘・堀川博史，1984：土佐湾における底魚類分布の帯状構造，昭和58年度漁業資源研究会議西日本底魚部会報告．水産庁，東京，81—88．

和歌山県水産試験場，1962：昭和36年度沿岸水族幼稚魚調査報告書．和歌山県水産試験場，和歌山，

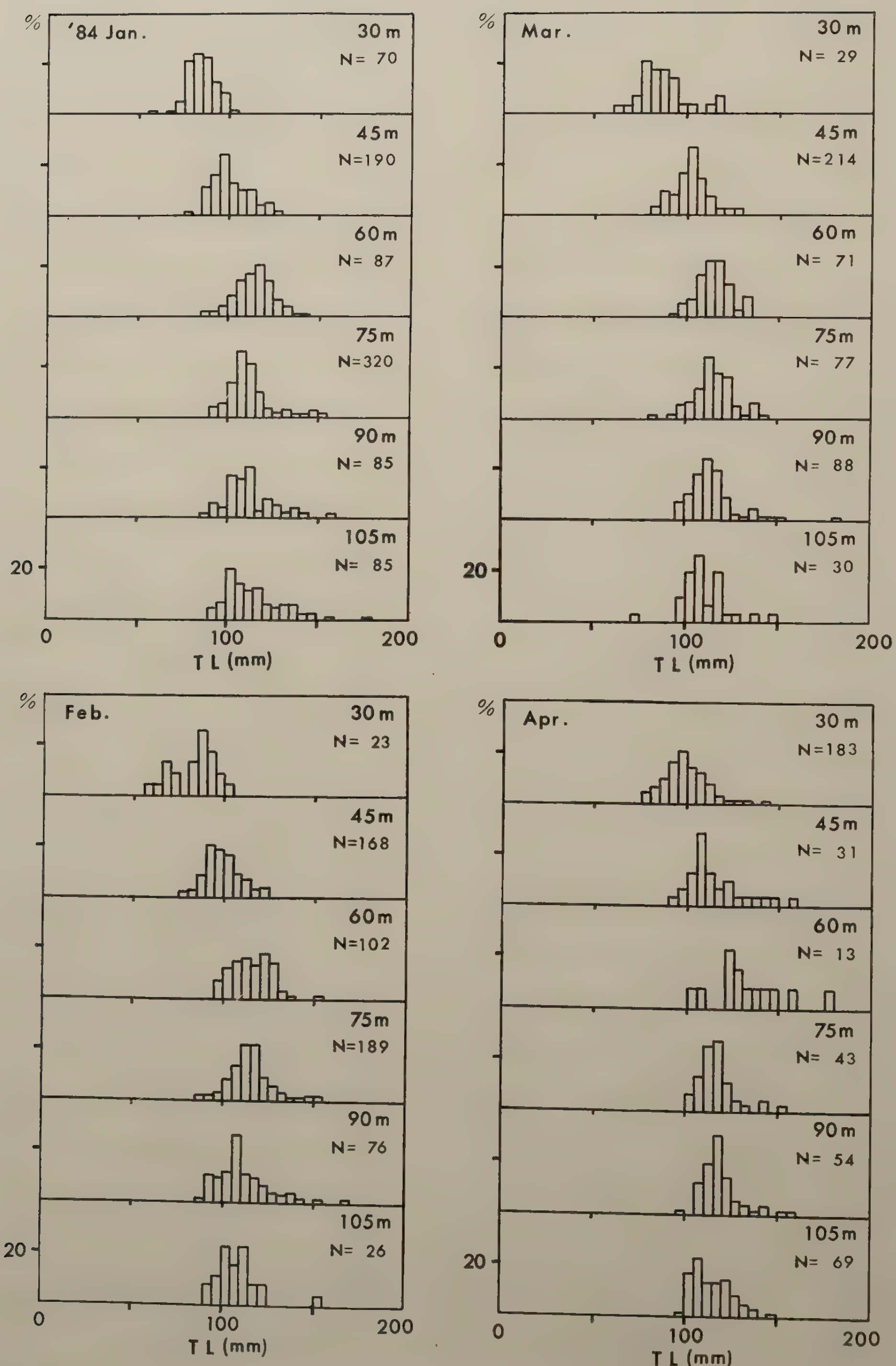
横田滝雄・工藤晋二・通山正弘・金井富久子，1963：太平洋南区の底魚資源について．南水研報，(18)，1—109．



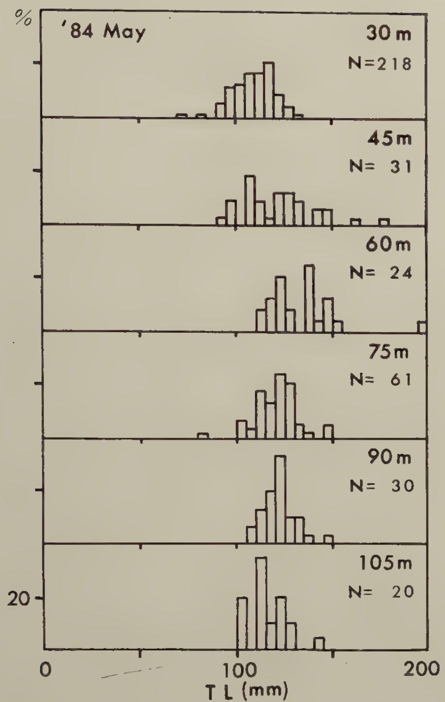
Suppl.-fig. 1. Size frequency distributions at six depths on each month from May 1983 to May 1984.



Suppl.-fiig. 1. Continued.



Suppl.-fig. 1. Continued.



Suppl.-fig. 1. Continued.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 20, 1986

The Effect of Sound Stimulus on the Behavioral Disturbance of Red Sea Bream, *Pagrus major*

Hiroko ISHIOKA*, Yoshimi HATAKEYAMA**,
Seiji SAKAGUCHI***, and Shin-ichi YAJIMA****

The behavioral changes of the young red sea bream, *Pagrus major* TEMMINCK *et* SCHLEGEL, were examined experimentally to clarify the effect of sound stimulus to the fish. The fish and the food reservoir to record feeding activity were kept in the central portion of a resin tank, partitioned into three parts by black cloths spread, which were used to separate the fish from the sound source.

Sound stimuli applied were pure tones which generated electrically, and projected from underwater speaker set in the experimental tank. Frequencies were 200, 300, 500, 700 and 1000Hz, and projecting times were 100, 200 and 400 ms. Sound pressures ranged from 40 to 70 dB.

The number of the experiments in which the fish frightened was observed by eye observation were counted. The number of the feeding activity per minute was recorded at the time, when the sound stimulus was projected.

The rate of the occurrence of fish frightened increased with increasing sound pressure and the response was most sensitive at 200 Hz. The feeding activity was also disturbed at higher sound pressure and at the frequency of 200 Hz. However, the response was not so sensitive as behavior disturbance. Duration of sound projection had little effect on the behavioral disturbance so far as the present experiments are concerned.

Many informations concerning the acoustic physiolgy of the fish has been accumulated in the past few years (HAWKINS 1981). It is confirmed that certain fishes are able to hear and respond sensitively to the sound in water.

It is obvious that the fish is affected by underwater sound and vibrations in various ways. In the extreme case, fishes were found to die through the impulsive pressure produced by the underwater blasting and the crushings in building bridge or constructing harbor. Some apprehensions have also been pointed out that weaker impulsive sound presumably influences fish behavior which in turn causes economical loss in fisheries production because of the escapement of fish from the fisheries ground as well as the decrease of feeding activity.

The present study intended to examine the effect of underwater sound stimlus on the

Received Octnber 22, 1985. Contribution No. 176 from the Nansei Regional Fisheries Research Laboratory, Ohno-cho, Hiroshima-ken, 739-04, Japan
*: Nansei Regional Fisheries Research Laboratory, Ohno, Saekigun, Hiroshima, 739-04 Japan
**: National Research Institute of Fisheries Engineering, 5-5-1, Kachidoki, Chuo-ku, Tokyo, 104 Japan
***: National Research Institute of Aquaculture, Nansei, Mie, 516-01 Japan
****: Society of Agriculture and Veterinary Medicine of Nihon University, 34-1, Shimouma 3-chome, Setagaya-ku, Tokyo 154 Japan

behavioral disturbance of the fish with physiological experiments, through observations of fright behavior and feeding behavior.

Materials and Methods

Experimental animals and conditions

The red sea bream, *Pagrus major* TEMMINCK *et* SCHLEGEL, was obtained from Nomi-Suisan Co., Hiroshima, and was maintaintained in 1-ton concrete tank where filtered running sea water was supplied. The size of specimens ranged from 8.5 to 11.0 cm in fork length and they were fed pieces of oyster meat twice a day. The fish was transferred to the experimental tank three days prior to the experiment and then trained to feed oyster meat from food reservoir for a period of an hour per day. The experimental tank, 800 l in total capacity, was separated into three compartments by black cloths in order to avoid the contact of fish with underwaterspeaker and to observe the behavioral response at precise position (Fig. 1). In one experiment, 30 specimens are usually contained in the central section of the tank. The natural sea water filtered by sands was poured gently from the inlet and discharged through the outlet to maintain

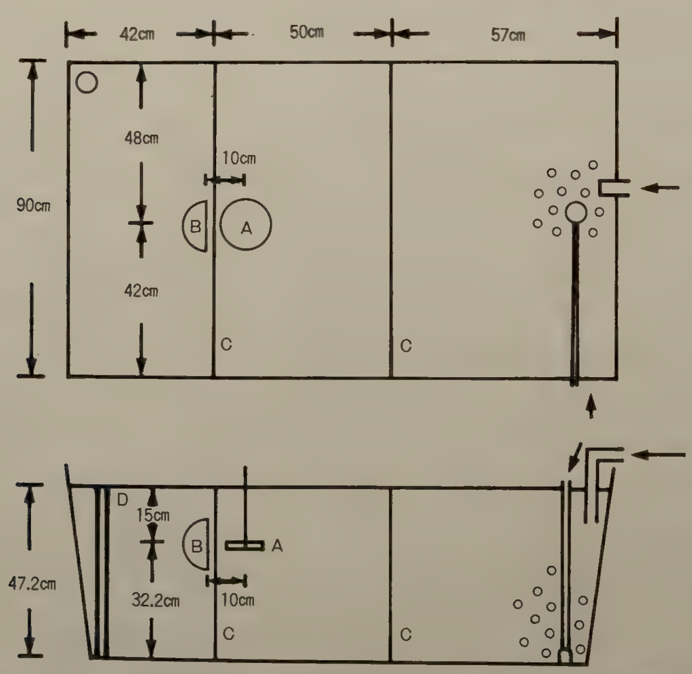


Fig. 1 Surface(top) and side(bottom) views of the experimental tank. The fish were kept in the central portion.
A: Food reservoir B: Underwater speaker
C: Cloth septum D: Outlet of seawater

water temperature constant. The temperature rose from 20.9 to 24.3 °C during experiments, which were carried out from August 11 to October 8, 1981. Details of respective experimental condition are indicated in Table 1.

Table 1. Size of red sea bream and other experimental conditions

No. of Exp.	Period	No. of fish	Fork length (cm) mean ± s.d.	Body weight (g) mean ± s.d.	Range of temperature (°C)
1	Aug. 11—27	29	8.9 ± 0.71	17.0 ± 3.87	21.8 — 23.5
2	11—27	20	9.5 ± 0.72	20.7 ± 4.81	22.0 — 23.6
3	Sep. 1—12	30	10.5 ± 0.79	26.5 ± 6.48	22.0 — 23.4
4	1—12	30	10.8 ± 0.63	28.8 ± 4.80	22.0 — 24.0
5	1—12	20	10.7 ± 0.56	— *	22.3 — 24.1
6	1—12	20	10.7 ± 0.51	— *	22.3 — 24.1
7	Sep. 8—10	20	— **	— **	22.9
8	8—10	20	〃	〃	22.9
9	Sep. 13—20	30	9.3 ± 0.71	18.9 ± 4.05	23.1 — 24.4
10	13—20	30	9.9 ± 0.76	22.8 ± 5.03	22.3 — 24.1
11	Sep. 15—Oct. 2	30	10.0 ± 0.59	22.9 ± 4.04	21.4 — 22.8
12	15— 2	30	10.3 ± 0.65	24.9 ± 4.90	20.9 — 22.8
13	Oct. 6—Oct. 8	30	9.4 ± 0.60	18.6 ± 3.56	23.9 — 24.5
14	6— 8	30	9.5 ± 0.68	19.6 ± 4.21	23.5 — 24.2

*: Weight was not determined.
**: Troubles in water flow system

Sound projection system

The system used for sound projection and measurement of sound pressure is shown in Fig. 2 as a block diagram. The model of sine wave projected is also shown in the figure.

Frequenies (f) of sounds used in the experiment were 200, 300, 500, 700, and 1000 Hz and their pulse width (t) were 100, 200, and 400 ms, The pulse intervals (T) were determined by observer's own free will.

Stable burst wave was obtained with gating signal generator by fixing T and t, because the function generator applied could not produce shorter range of width pulse and the width of burst wave was changed following the alteration of pulse intervals. We could set T ($T=N\times10^n$, $n=0, 1$) sec., and t ($t=M\times10^m$, $m=-2, -1, 0$) sec. by observer's will when M and N were assumed as an integer from 1 to 9.

The function generator (EXACT electronics, Inc. type 519) was a type for AM/FM function which projected continuous, burst, AM and FM waves. This instrument was also controlled by the external gate signal. Output impedance was 50 Ω, frequency accuracy was within ±2% of setting, distortion was below 0.5%, and amplitude stability

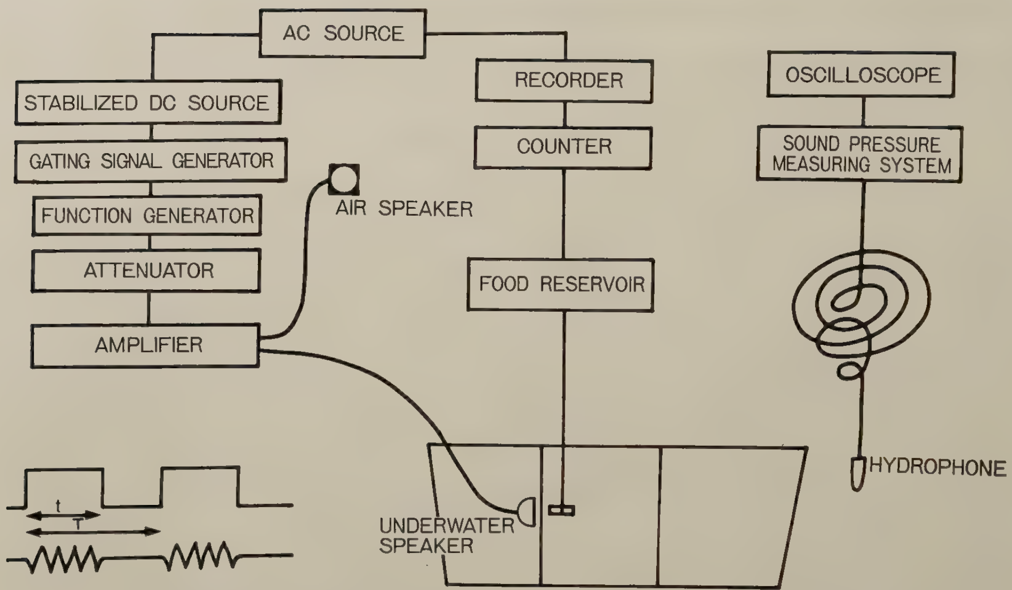


Fig. 2 Block diagram of the experimental system used for sound projection and measurement of sound pressure. Time intervals of the sound impulse were also illustrated.

was 0.25% for 24 hours.

In the attenuator (TOKYO-KOON-DEMPA Co. STA-113 type), circuit structure, variable range of attenuation, impedance, frequency range and maximum power input were un-equilibrium, 91 dB, 600Ω, from DC to 150 kHz, and 30 dBm (1W), respectively.

In the power amplifier (SONY Co. TA-1120A type), rated output, input impedance, S/N, dumping factor, and distortion were 35W×2 (16Ω load), over 100kΩ, over 90 dB at AUX input, over 360 (16Ω load) at 1 kHz, and below 0.1% at rated power respectively. The frequency characteristic was flat at the range from 10 Hz to 100 kHz.

In the underwater speaker (PIONEER Co. UL-3 type), voice coil impedance, minimum

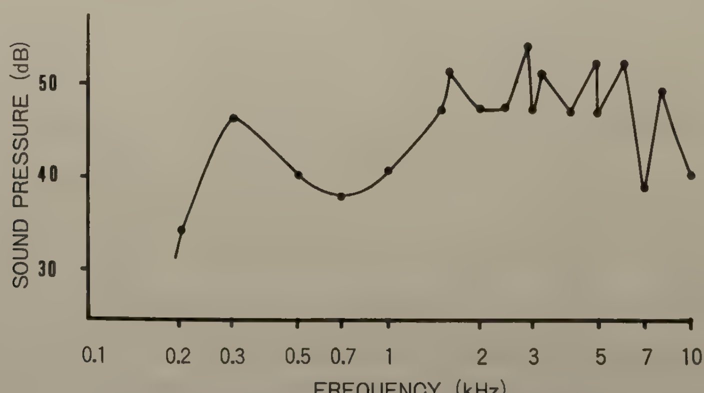


Fig. 3 Characteristics of sound frequency produced by the underwater speaker. (Input voltage was 2 V p-p.)

resonance frequency, maximum power input and maximum depth were 16Ω at 450 Hz, 300 Hz, 30W on pulse wave and 5m, respectively. The frequency characteristic is shown in Fig. 3. The characteristic of sound frequency was measured at 25 cm distant from the sound source when the input of power to the underwater speaker was 2 V p-p.

The hydrophone (OKI electic industry Co. ST1001 type) to measure sound pressure and sound wave form was omnidirectional up to 30 kHz and provided the maximum operating depth of more than 500 m.

The frequency characteristic of sound pressure meter utilized was flat at the range from 20 Hz to 50 kHz. It was accurate within ±2dB at the range from 20 Hz to 1 kHz, and measurable sound pressure range was from 0 to 80 dB re 1 μbar.

The oscilloscope (SONY TEKTRONIX Co. 564 B type) could memorize a momentary pulse, and measured the sound pressure by keeping the pulse wave still on a Braun tube. Writing speed, initial luminance, storage time, erase time and frequency range were 100 cm/sec., 6fL, an hour, 250ms., and from DC to 10 MHz, respectively. The underwater sound waves on the Braun tube of the oscilloscope was taken by a Polaroid CR-9 camera.

The feeding activity recorder has been described in detail elsewhere (ISHIOKA 1976).

Experimental procedure

The experiments on the change of fish behavior and feeding activity under sound stimulus were carried out simultanously. Ordinarily, they have been carried out twice a day, from 9:30 am and 3:30 pm, for a period of 1 hour using the fish sufficiently trained for feeding of oyster pieces kept in the food reservoir.

When sound stimulus was projected from the underwater speaker, an observer sitting beside the experimental tank recorded the number of fishes swimming around the food reservoir. Thus, the number of fishes frightened was directly counted and peck signals produced by fishes were recorded every 1 minute by the feeding activity recorder. The sound stimulus was projected at an interval of 3-5 minutes. During the experiment the experimental fishes received a single species of sound stimulus at one time.

Data analysis

Rate of frightened behavior: The percentage for each sound stimulus was expressed as:

100× (Number of experiments observed the fish frightened)/(total number of experiments) %

Rate of feeding activity disturbance: Number of peck per minute soon after sound

stimulation (A) was compared to that (B) based on a straight line regression calculated by 3 variables for 3 minutes immediately before sound impulse. The effective rate was calculated by the following equation and negative value was estimated as 0.

Effective Rate$=100-100\times(A)/(B)$

Results

I. Characteristics of projected sound

(1) Wave form of the sound: The wave form of the sound projected from the underwater speaker is generally deformed by the mechanical properties of instruments. The wave forms shown in Fig. 4 correspond to those obtained with the burst wave of 200, 300, 500, 700, 1000, 2000Hz in frequency, which was projected for about 10 ms from the speaker in the experimental tank. Damped oscillation of the resonance frequency of 300Hz or 1.6 kHz of the underwater speaker was lasting for about 20 ms following the cessation of input pulse.

Within the range of pulse width of 100-400 ms, the energy density of the output signal was mostly subjected to that of the input sound signal. Therefore, it was considered that the effects of reflected waves and transient waves of damped resonance oscillation of the speaker were negligble.

(2) Distribution of sound pressure in the experimental tank: The sound pressure projected into the tank was measured by the hydrophone at the distance of 25, 50, 75 and 100 cm away from the underwater speaker suspended 30 cm below the surface of water. The result was shown in Fig. 5. Calculated attenuation coefficients were 12.5, 13.2, 10.5, 8.0 and 6.5dB/D.D. at 200, 300, 500, 700 and 1000Hz, respectively. The results of this experiment revealed that the sound pressure is most influenciable by the position of the fish perceiving the sound. To avoid distance error, the experiment was made so that the sound was exactly projected to the fish swimming around the food reservoir.

II. Behavior changes of the fish

(1) Influence on fright: The fish swimming around the food reservoir stopped immediately after the sound emission and then turned their way to get away from the underwater speaker. These behaviors were noticed clearly. The sound pressure was measured precisely at a fixed position close to the food reservoir. As shown in Fig. 6, the sound pressure indicated the strong effect on the behavior of fright. Thus, the slope of the response increases with increasing sound pressure of respective frequency.

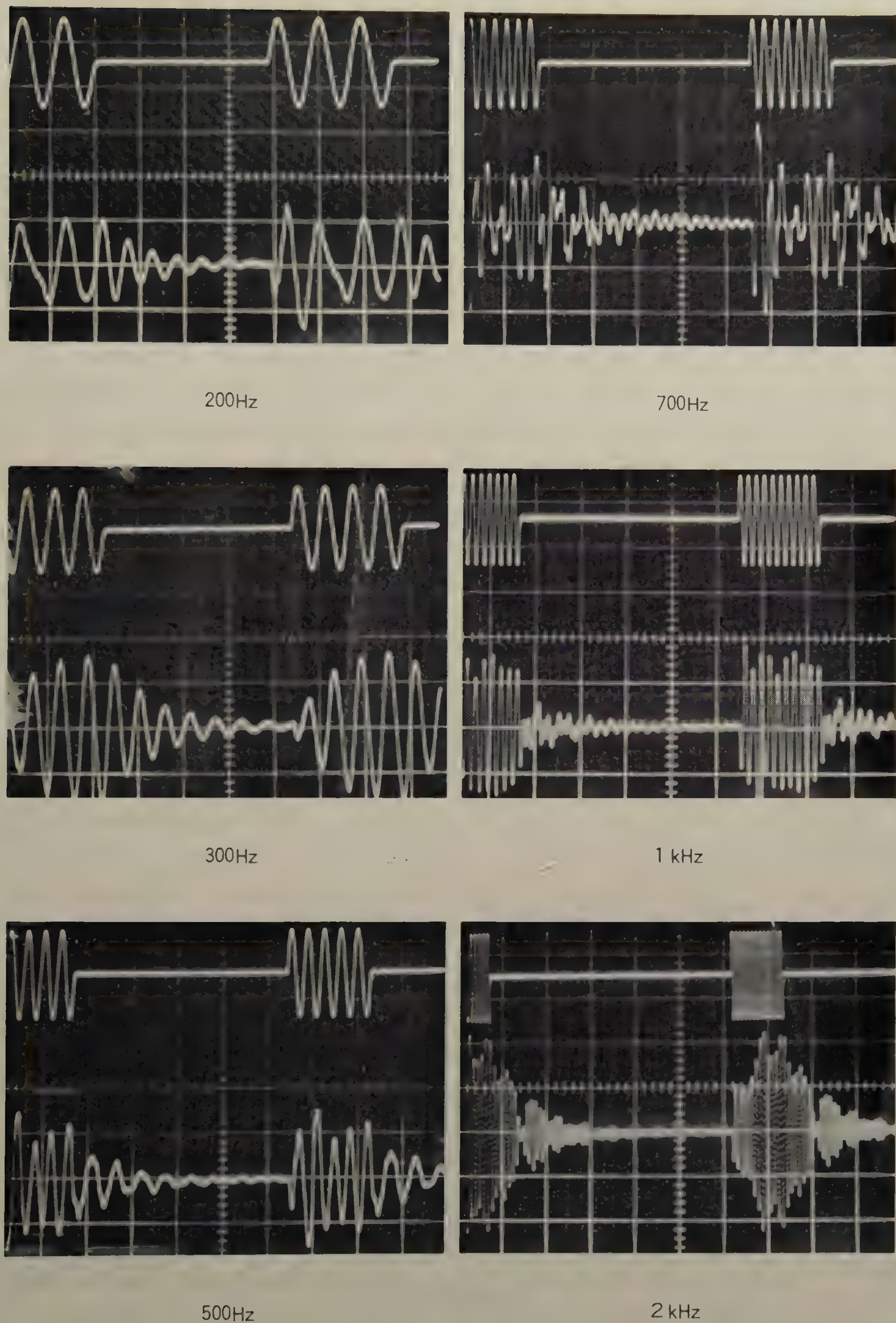


Fig. 4 Wave forms of the electrical input signal (top) and projected underwater sound (bottom) from the underwater speaker at respective frequency.

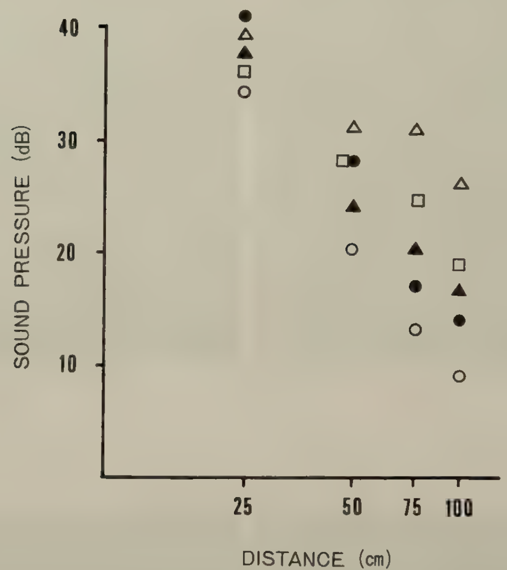


Fig. 5 Distribution of sound pressure in the experimental tank.

Open circle :	200Hz
Closed circle :	300Hz
Closed triangle :	500Hz
Open square :	700Hz
Open triangle :	1000Hz

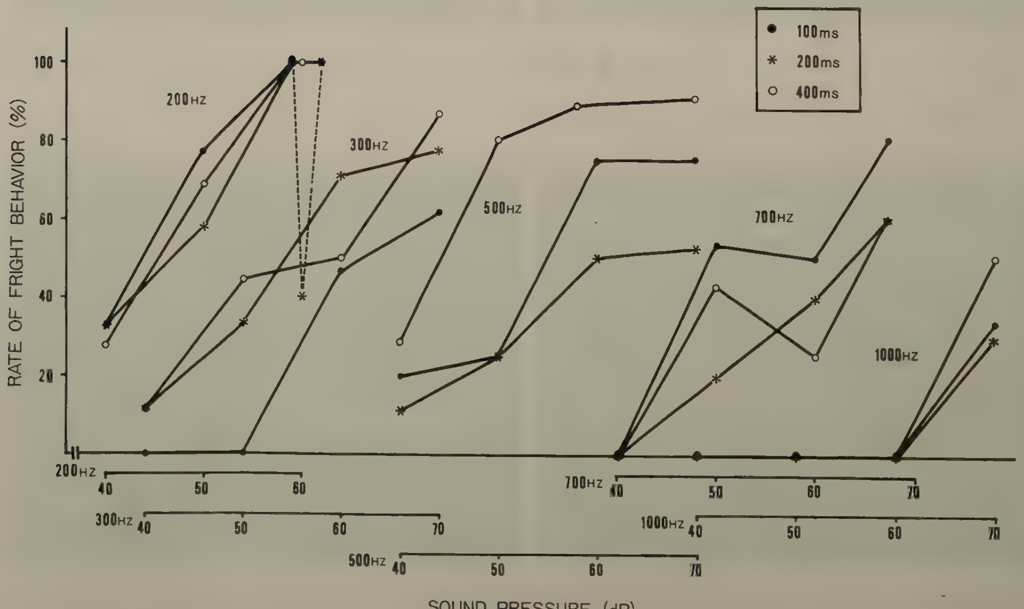


Fig. 6 The relation between the rate of experiment where the fish was frightened and sound pressure.

It also reveals that the response of the fish was affected by sound frequency. In this experiment, one third of the experimnts was effectively responded even at 40dB in 200 Hz although the response was observed at 70dB in 1000Hz.

The duration of sound impulse seems to have little effect on the fish response over the range of 100 ms.

(2) Influence on feeding behavior: The experiment was carried out after the end of initial burst feeding, because the measurement of the number of feeding activity by using the feeding activity recorder are limited mechanically as reported previously (ISHIOKA 1976).

Generally, the effect of sound impulse to the feeding behavior was temporary, and further no fish was influenced for a longer period. The relationship between the calculated average effective rate and sound pressure was shown in Fig. 7. This indicates that the feeding activity was affected by the sound pressure and frequency, although the magnitude of the response was not so large as in the case of behavior change by fright. The effect on feeding activity increased with the increase of sound pressure. The sound of low frequency (200 Hz) was most effective to create the response of the fish. However, these tendency is not always statistically significant since quite ineffective responses were observed in a high rate at weak sound pressure as well as at higher frequency above 300 Hz. At 1000 Hz, the significant behavior changes did not appear in the range from 40 to 70dB.

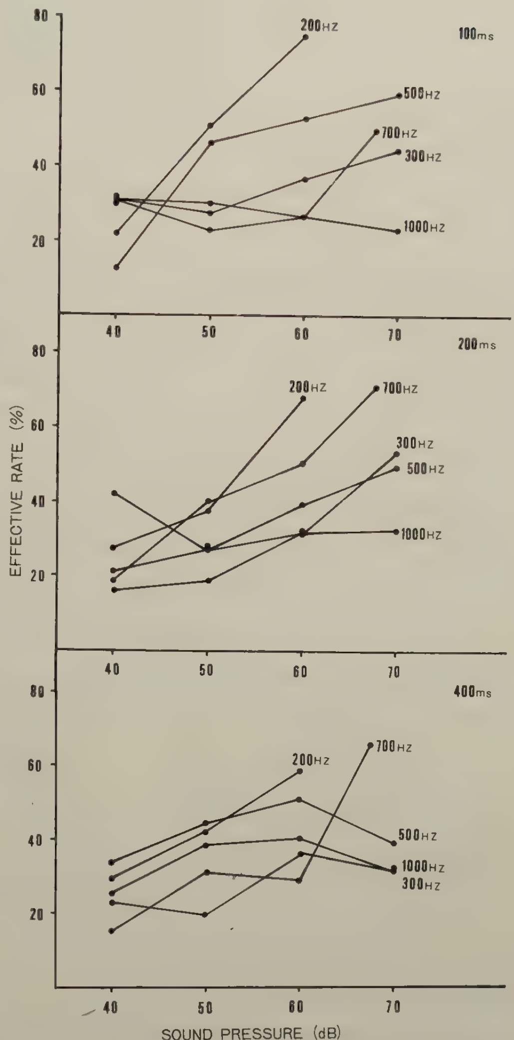


Fig. 7 The relation between the effective rate on restriction of feeding activity and sound pressure of different duration of impulse.

Duration of sound impulse had unexpectedly little effect on the feeding behavior. A short impulse (100 ms) seems to be more effective to generate the response.

Discussion

The influence of the sound impulse on the behavior of fish has been studied in relation to the fishing methodology (Hashimoto and Maniwa 1964, 1966). Thus, some informations have been accumulated in the fields of morphological study for hearing, and also physiological and behavioral aspects. In the latter cases, the most important approaches are determination of the precise sound intensity and the quantification of the reaction of fish. Fortunately, recent development of electronics has rendered the measurement of sound impulse easy and also quantification of fish behavior possible, although the difficulty for standardization is still remained unsolved.

Monitoring of the stimulus sound by oscilloscope revealed that pure tones were produced closely by the projecting system without strong interference of refractive pulse and mechanical distortion, although some deformations of the pattern and a little residual energy were observed. As the duration of impulse was set at the range from 100 to 400 ms, the change of original energy by residual one was not observed in the present experiment.

The fish received the strong sound impulse escaped from the sound source to the most distant position of the bottom of the experimental tank and stayed there for a while, when the color of the body turned to pale. This behavior is spread from one individual to others of a group until all fishes of the group get together to form a crowd. In such condition, the feeding behavior has never been observed and no record on the activity was obtained.

To examine the influence of sound stimulus on the restriction of feeding activity of fish, the multiple regression analysis was carried out to judge statistically the degree of reliance (Table 2). The frequency (Hz), time duration (ms) and sound pressure (dB) were adopted as the independent variables and the rate of response (%) for the dependent variable. Although the value of multiple correlation (R) is moderate, the F-value in the analysis of variance is significant at 1% level. This indicates that the variables clearly contribute to the explanation of variation of the rate of response. Judging from t-value in regression coefficient, duration of sound emission has little influence on Y (rate of response). The regression shown below,

$$Y = 7.0637 - 0.01936X_1 - 0.00314X_2 + 0.75777X_3$$

means that the sound intensity is most effective to cause the change of feeding behavior.

Some informations concerning the relationship between the sound pressure and change

Table 2. Result of multiple regression analysis on the relationship between the properties of sound and feeding beha ior disturbance of the fish.

Selected groups					
qroup name	200Hz	300Hz	500Hz	700Hz	1000Hz
analysis group	1	1	1	1	1
sample size	9	12	12	12	12
Selected independent variables (X)					
variable name	Hz	Time	dB		
Selected dependent variable (Y)					
variable name	Response				
Multiple correlation R		0.65883			
Contribution ratio 100*RR		43.40543			
Adjusted cont. 100*RR		40.20197			
Std. error of residuals		11.15355			
Analysis of variance table					
S. V.	D. F.	S. S.		M. S.	F
Regression	3	5056.75000		1685.58334	13.550
Residual	53	6593.28955		124.40169	
Total	56	11650.03955			
Regression coefficients					
Variable	Std. B	B		D(B)	T=B/D(B)
Hz	−0.38384	−0.01936		0.00523	−3.701
Time	−0.02742	−0.00314		0.01184	−0.265
dB	0.56908	0.75777		0.13812	5.486
Constant 1		7.10637		8.38761	0.847

of behavior of the fish have been obtained. In Ayu, *Plecoglossus altivelis* TEMMINCK *et* SCHIEGEL, Konagaya reported that the lowest threshold level of underwater sound for jumping response was 72 dB at 200 Hz, while this behavior is also considerered to be a kind of response generated by the conditioning during ascending migration from the sea in conjunction with sound stress (KONAGAYA 1980). A recent finding indicated that the complex sound impulse by underwater explosion induced behavioral disturbance of fish (YAJIMA *et al* 1979). In the experiment of explosion produced by the underwater sound generator, the cultured red sea bream in the preserving cage did not respond even at 91 dB, while wild specimens showed clear response at 85 to 87 dB. They also reported that the level of sound intensity for the behavioral change by fright was generally higher in cultured fish than in wild ones. In other species, Mugiiwashi, *Atherion elymus* JORDAN *et* STARKS, the fish school was disturbed even at 47 dB (KOYAMA *et al* 1980). It seems that differences in the threshold level of fright depend on the difference of the position of fish perceiving sound impulse, physical condions of fish, age, and differences in species.

Concerning the frequency of sound, Konagaya reported that Ayu is the most sensitive in jumping behavior to the sound of 200 Hz (KONAGAYA 1980). His result resembles

to our findings, although the behavioral patterns and the species used in each experiment are different.

In the present experiment, distinct feature of feeding disturbance could not be obtained because of dispersed responses of the fish. The behavioral change caused by fright is reflexive and temporary. The influence on feeding activity following the alternation of behavior by sound stimulation is also temporary and less sensitive to the sound impulse, viz. the level of restriction on feeding activity seems to exist only in the higher intensity of sound pressure.

It is usually postulated that the appetite of fish is taken away by the noise generated by constuction. However, it is rather difficult to measure the intensity of the loss of appetite, because many complicated factors are involved concerning the appetite of fish and also there is the lack of knowledges on physiological mechanisms of fish appetite. More informations need to be accumulated to analyze the feeding activity under the environmental changes.

The sound stimuli used in this study were pure tones of sine waves. In the future, a complicated pattern of sound impulse similar to that of natural environment should be used in order to ascertain the practical effect of underwater explosion or construction to the fish behavior.

Acknowledgment: We thank Dr. M. Anraku, director of Red-tide Research Division of Nansei Regional Fisheries Research Laboratory, for his valuable comments on this manuscript.

References

1) HASHIMOTO, T. and MANIWA, Y., 1964: Research on the Luring of Fish Shoals by Utilizing Underwater Acoustical Equipment (1). Technical Report of Fishing Boat, **19**(3), 1–12. (in Japanese with English summary).

2) HASHIMOTO, T. and MANIWA, Y., 1966: Research on the Luring of Fish Shoals by Utilizing Underwater Acoustical Equipment (2). Technical Report of Fishing Boat. **20**(3), 1–5. (in Japanese with English summary)

3) HAWKINS, A. D., 1981: The Hearing Abilities of Fish. Hearing and Sound Communication in Fishes edited by W. N. TAVOLGA, A. N. POPPER and R. R. FAY, 608 pps, Springer-Verlag, New-York Heiderberg Berlin.

4) ISHIOKA, H., 1976: A Preliminary Experiment on the Feeding Activity Recorder of the Fish. Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab., (9), 67–75. (in Japnese with English summary)

5) KONAGAYA, T., 1980: Jumping Response of Ayu to Sound. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **46**(1), 31–34. (in Japanese with English summary)

6) Koyama. T., Yajima, S., Miyoshi, N., and Hatakeyama, Y., 1980: Studies on the Behavioral Disturbance of the Fish by Sound Impulse Produced by Underwater Explosion. Rep. of Investigation Commission on the Effect of the Bridge-building over Seto-Inland-Sea to the Fishery (Published by Japan Fisheries Resources Conservation Association), (23), 149-164. (in Japanese)

7) Yajima, S., Koyama, T., Miyoshi, N., Tawara, Y., and Hatakeyama, Y., 1979: Supposed outline on the sound effect to fish frightening behavior. Rep. Com. on the Sound Effect to Fish Frightening Behavior. (Published by Japan Fisheries Resources Conservation Association), (6), 135-144. (in Japanese)

音刺激に対するマダイの行動変化

石岡宏子・畠山良巳・阪口清次・矢島信一

音刺激に対する魚類の行動変化を把握するために，マダイを用いた水槽実験を行った。1トンの FRP 水槽を黒布で3つに区切り，その中央部に実験魚と摂餌行動記録器の餌受器を入れた。これは音源に魚が触れるのを防ぎ，音源から正確な位置で魚の行動を観察する為である。

音はサイン波純音を用い，周波数は200，300，500，700，1000Hz，放声時間は 100，200，400ms，音圧は40—70dB の範囲で実験した。

目視観察により，威嚇された魚の行動の見られた実験回数を調べ，また，放声時には同時にその直後の1分毎の摂餌行動回数を記録した。

行動攪乱の起こる割合は，音圧が増加するほど増加し，周波数では 200Hz 時に最も鋭敏に反応した。摂餌行動も高い音圧や 200Hz で抑制的影響を受けたが，威嚇される行動ほど鋭敏な反応は見られなかった。放声時間は今回の実験範囲では行動変化に影響を与える要因とはならなかった。

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 20, 1986

Feeding Habits of Japanese Spanish Mackerel in the Central and Western Waters of the Seto Inland Sea

Tatsu KISHIDA

Food and feeding habits of Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* were investigated based on the examination of stomach contents of 714 specimens collected, from May 1981 to June 1984, in the central and western waters of the Seto Inland Sea.

The stomach contents consisted almost entirely of the pelagic and mesopelagic fishes including squids, viz. Japanese anchovy *Engraulis japonica*, sardine *Sardinops melanostictus*, sand lance *Ammodytes personatus*, Atlantic cutlassfish *Trichiurus lepturus* and Japanese common squid *Todarodes pacificus*.

The seasonal and regional differences in diet composition reflected well the changes of food in the environment.

In the adult, the monthly averages of reconstructed stomach contents weight per predator weight indicated two peaks, April and during a period from July to August, which corresponded to the pre- and postspawning periods, respectively. The feeding intensity of young was also high in the growing season.

In most months the percentage of large prey increased with the increase of body length of the predator.

Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* (CUVIER) is one of the important species in fisheries of the Seto Inland Sea.

Although knowledge of the food and feeding habits is essential to clarify the ecology of this species, brief informations have only been obtained previously (HAYASHI 1919, WHANG *et al.* 1977). According to them, Japanese Spanish mackerel is principally ichthyophagous. A geographical scope in the variation in food component was found that the species feed on sand lance in the central water of the Seto Inland Sea during April and June (HAYASHI 1919), while on anchovy and zooplankton in the southwestern waters of Korea (WHANG *et al.* 1977). However, little is known about variations of food and feeding habits during the course of development and seasons.

The present paper describes the result of an investigation on the analyses of stomach contents of young and adult Japanese Spanish mackerel, sampled nearly every month of the year, in the central and western waters of the Seto Inland Sea.

Materials and Methods

Specimens of 714 Japanese Spanish mackerel were mainly collected, from May 1981

Received November 22, 1985. Contribution No. 177 from the Nansei Regional Fisheries Research Laboratory, Ōno-chō, Hiroshima-ken, 739-04, Japan

Table 1. Number of specimens of Japanese Spanish mackerel classified by month, area, and size group. Range is indicated by fork length in millimeters.

pur.=purse seine net. gill=drift gill net. tro.=trolling. Kami.=Kaminada. Kuni.=Kunisaki. Hime.=Himeshima. Ito.=Itozaki. Hiro.=Hiroshima. Hiuchi=Hiuchi-nada. Nada means a local sea area.

Month	Area captured	Small size					Medium size						Large size			Total
		Gear	Place collected	Range Min	Range Max	No	Gear	Place collected	Range Min	Range Max	No	Range Min	Range Max	No	No
Aug.	Beppu Bay					—	gill	Hiji	524	651	42	693	723	3	45
Sept.	Beppu Bay					—	gill	Hiji	552	664	10	685	739	6	16
〃	Iyo-nada	pur.	Kami.	261	415	10	gill	Kami.	574	683	30	688	822	9	49
Oct.	Beppu Bay					—	gill	Hiji	583	683	16	709	719	3	19
〃	Iyo-nada					—	gill	Kami.+Kuni.	581	699	43	704	830	29	72
Nov.	Beppu Bay					—	gill	Hiji	588	680	20			—	20
〃	Suo-, Iyo-nada	gill	Kami.	376	468	5	gill	Buzen+Hime.	587	698	10	701	800	20	35
Jan.	Iyo-nada	tro.	Hime+ Musashi	403	499	20	gill	Hime.+Kuni.	541	689	22	703	838	10	52
Apr.	Iyo-nada					—	gill	Kami.	650	729	12	730	887	23	35
May	Hiuchi and Bingo-Geiyo-seto					—	gill	Toyo+Ito.	573	749	59	750	1021	51	110
〃	Aki-nada					—	gill	Hiro.+Kami.	627	741	17	753	993	18	35
June	Hiuchi	pur.	Tomo	387	460	21	gill	Toyo	622	733	15	772	1030	5	41
〃	Aki-nada					—	gill	Hiro.+Toyo	509	749	58	750	997	68	126
July	Hiuchi	pur.	Tomo	436	544	24					—			—	24
〃	Aki-nada					—	gill	Ito.	628	742	22	906	906	1	23
〃	Beppu Bay					—	gill	Hiji	663	742	6	750	835	6	12

to June 1984, from commercial landings captured in the central and western waters of the Seto Inland Sea, at the places listed in Table 1. Fork lengths of these specimens ranged from 261 to 1,030 mm. Number of specimens and fishing methods used in each month and size group are also shown in Table 1.

Specimens were classified into three size groups based on the relationship between size and age of the present species determined elsewhere (KISHIDA *et al.* 1985). Small-sized group implies specimens of age group 0 captured after September and those of age group 1 captured before July. The boundary of fork length between medium- and large-sized groups were arbitrarily decided at 680 mm in August, 685 mm in September, 700 mm from October to January, 730 mm in April, and 750 mm from May to July. Consequently, the specimens of age group 1 captured after August and those of approximately age group 2 captured before July were included in the medium-sized group. The specimens of age group 2 captured after August and those over age group 3 were included in the large-sized group.

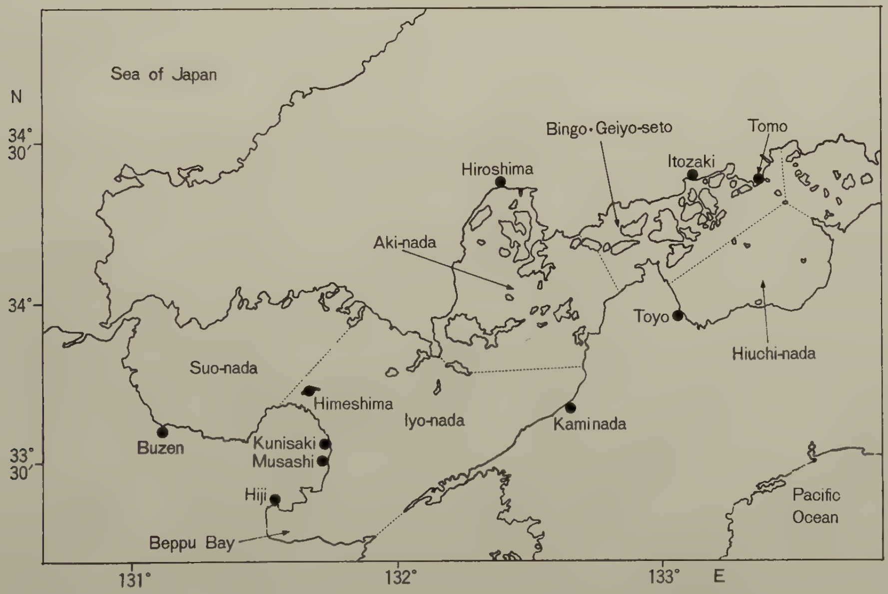


Fig. 1. Map of the central and western waters of the Seto Inland Sea. Closed circles indicate the places where samplings were made.

Fishing gears used were medium-type purse seine net, trolling, and drift gill net for small-sized group, and drift gill net for medium- and large-sized groups. Judging from the operation time of each fishing gear, specimens from the medium-type purse seine net and trolling were caught in the daytime, while those which were taken by the drift gill net were caught at night.

The places of capturing (cf. Fig. 1) were ascertained through the informations provided by the fishermen or the staffs of fish markets.

Following the measurement of the fork length and weight, the stomach was taken out from fresh specimens or from defrosted ones. The stomach contents were weighed and then preserved in 10 % formalin solution.

Pisces in the stomachs were classified into specific level from the structure of their vertebrae after the definition reported by TAKAHASHI (1962). Body weight (BW) of each fish identified was reconstructed from the vertebral column length (VCL), using the VCL-BW relationship established by TATARA *et al.* (1962). Concerning the species which were not described in their report, specimens were collected in the present area of investigation to obtain the relationship between VCL and BW. Then, the body weight was reconstructed using the newly formed relationships. For other Pisces which could not be applied the above methods, body weight was reconstructed using the relation between the degree of digestion and the weight of digested foods (after MATSUMIYA *et al.* 1980). For whitebaits appeared in June in small-sized group, which were not be able to identify to the species level, the reconstructed body weight of whitebait of Japanese anchovy *Engraulis japonica* (HOUTTUYN) included in the same stomach samples was applied.

Cephalopods in the stomachs were classified to species level by the form of beaks referring to HOTTA (1973), and also with beaks of cephalopods previously removed from the present samples. The reconstructed body weight of each cephalopod species was calculated from the relation between the lower rostral length (LRL) and body weight (BW) derived by CLARKE (1962). The identical relationship for cephalopods species occurred in the stomachs of this study was actually determined based on the present specimens. Identification and enumeration were only carried out, in the case when upper beaks alone were found in the stomach.

Crustaceans were classified to the level of sub-class or sub-order. The reconstructed body weight was estimated by their wet weight measured after being blotted dry with filter paper and with the eye observation of degree of remains.

The definition of the empty stomach was made when mucous digestive remains were only seen inside.

When the length of the object was less than 10 mm, the lengths of vertebral column etc. were measured to the nearest 0.01 mm using a digital measurement device attached to the stereoscopic microscope. In the specimen more than 10 mm in size, lengths were measured to the nearest 0.1 mm using a divider and a measuring rule. Weighing was carried out to the nearest 10 mg using an electric digital balance.

Result and Discussion

1. Relationship between the body weight and length of vertebral column, etc. for the reconstruction of prey weight

To obtain the relationship between vertebral column length (VCL) and body weight (BW), the five species of Pisces not reported in TATARA *et al.* (1962) were measured: gizzard-shad *Clupanodon punctatus* (TEMMINCK *et* SCHLEGEL), sardine *Sardinops melanostictus* (TEMMINCK *et* SCHLEGEL), Japanese Spanish mackerel, scaled sardine *Herklotsichthys zunasi* (BLEEKER) and chub mackerel *Scomber japonicus* HOUTTUYN. The scattering diagrams between VCL and BW are shown in Fig. 2, A–E. For VCL measurement the average of six columns in a portion from the forepart of caudal vertebrae was measured following the procedure reported by TATARA *et al.* (1962).

To obtain the relationship between LRL and BW, Japanese common squid *Todarodes pacificus* STEENSTRUP and squids belong to genus *Loligo* were measured (Fig. 2, F–G). Squids of genus *Loligo* collected from the catch of small-scale trawl nets in Suō-nada consisted at least of two species (*L. japonica* HOYLE and *L. kobiensis* HOYLE). Two *Loligo* species were pooled together, because it was difficult to differentiate them with the shape of beaks. As for bottle-tailed cuttlefish *Euprymna morsei* VERRILL, hood length was used instead due to the difficulty in measuring LRL in this species (Fig. 2, H).

The sampling area, number of specimens, and regression coefficient calculated by the least square method for each species are shown in Table 2.

Table 2. Summary of relationships between body weight (W; g) and vertebral column length (L; mm), lower rostral length (L; mm*1) and hood length (L; mm*2) of each species. Range is indicated by fork length or mantle length (*1 and *2). r: Correlation coefficient between $\ln L$ and $\ln W$.

Common name	Scientific name	Range (mm) Min	Range (mm) Max	No	$\ln W = a \cdot \ln L + b$ a	b	r	Area captured
Gizzard-shad	*Clupanodon punctatus*	87	162	17	2.67	1.47	0.99	Suo-nada
Sardine	*Sardinops melanostictus*	153	185	50	2.59	1.51	0.70	Suo-nada
Japanese Spanish mackerel	*Scomberomorus niphonius*	32	478	7	2.65	0.93	1.00	Suo- and Hiuchi-nada
Scaled sardine	*Herklotsichthys zunasi*	100	111	7	1.29	1.68	0.61	Suo-nada
Chub mackerel	*Scomber japonicus*	42	166	3	2.92	−0.37	1.00	Suo- and Hiuchi-nada
Japanese common squid*1	*Todarodes pacificus*	75	136	7	2.11	1.44	0.99	Suo-nada
Calamary*1	*Loligo*	32	107	15	3.04	1.70	0.98	Suo-nada
Bottle-tailed cuttlefish*2	*Euprymna morsei*	10	28	7	3.27	0.50	0.93	Suo-nada

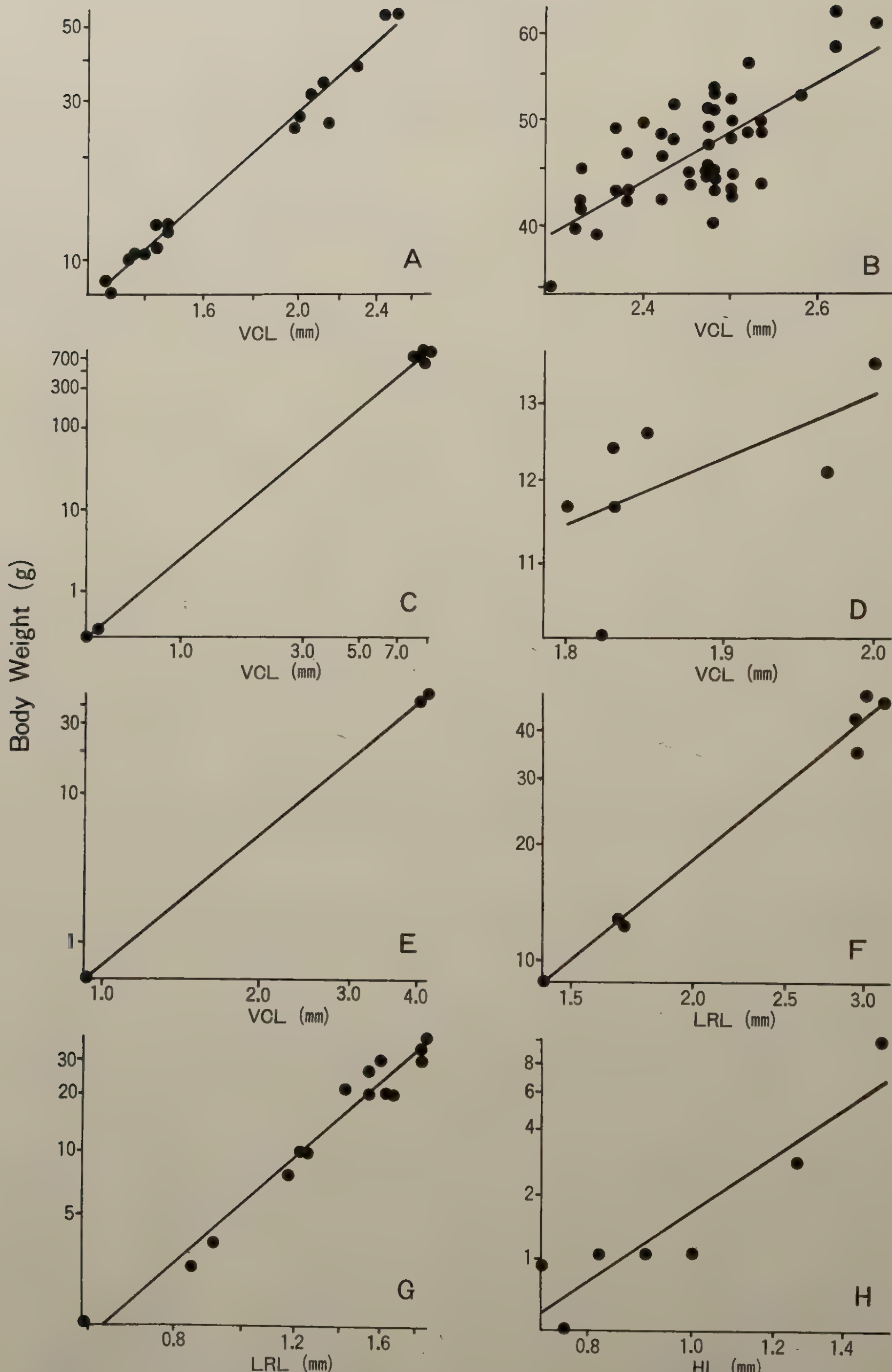


Fig. 2. Relationships (1) between vertebral column length (VCL) and body weight of different species of fish (A—E), (2) between lower rostral length (LRL) and body weight of each squid species (F, G), and (3) between hood length (HL) and body weight of bottle-tailed cuttlefish (H).

A: gizzard-shad. B: sardine. C: Japanese Spanish mackerel. D: scaled sardine. E: chub mackerel. F: Japanese common squid. G: calamary. Scientific name of each species is shown in Table 2.

For round scad *Decapterus maruadsi* (TEMMINCK *et* SCHLEGEL) the value of regression coefficient (m) and constant (n) in the relationship between body length and total length reported by TATARA *et al.* (1962), were substituted by 1.2 and −3.7, respectively, referring to the scattering diagram given in Fig. 9 of the paper.

2. Seasonal variation in feeding activity

The consumption index is defined as follows:

100 Rw/(Bw-Scw)

where Rw is reconstructed weight of stomach contents, Bw is predator body weight, and Scw is stomach contents weight in grams.

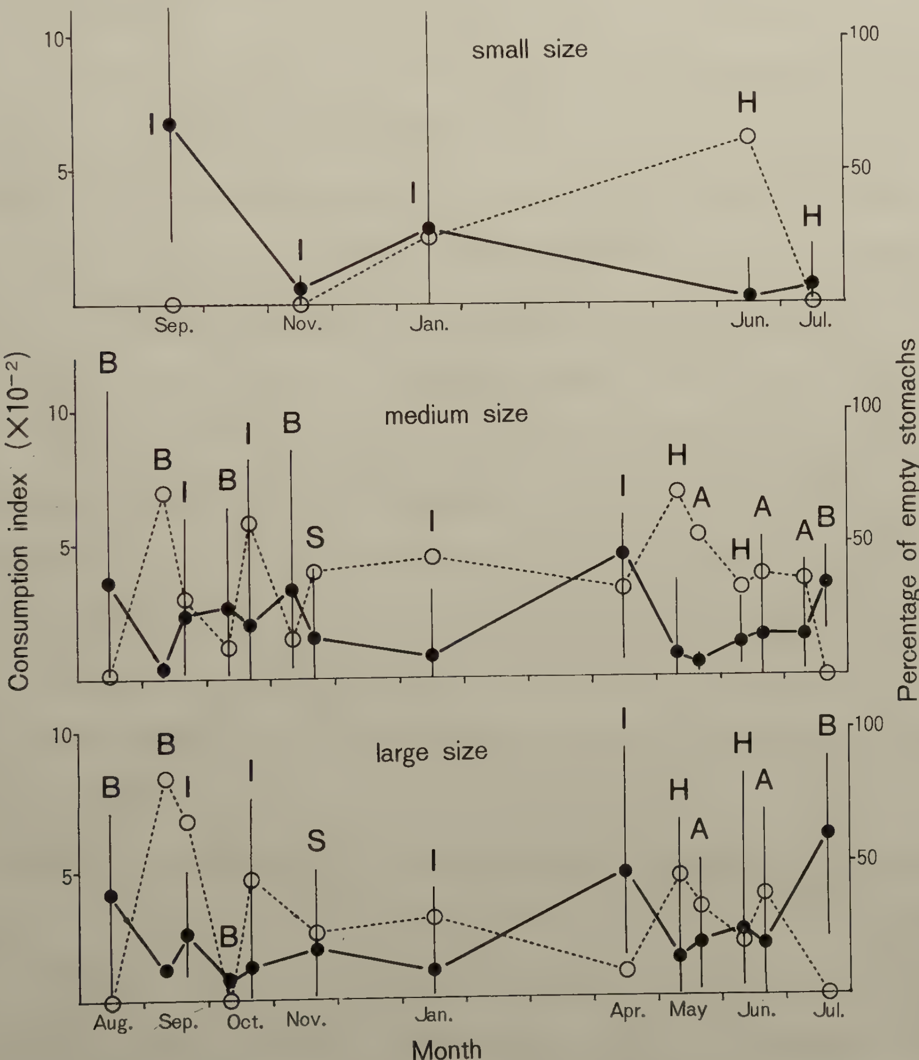


Fig. 3. Monthly and regional changes of mean consumption index for different size groups (closed circle). Vertical lines show the minimum and maximum ranges of the indices. Percentage of empty stomachs is indicated by open circle. B=Beppu Bay. I, S, H, A=Iyo-, Suo- and Iyo-, Hiuchi-, Aki-nada (nada means a local sea area as shown in Fig. 1).

The mean consumption index for each group differentiated by month, area, and predator size is shown in Fig. 3. The size range of each group is identical with that given in Table 1. Specimens with empty stomachs were treated separately from the calculation of this index. The minimum and maximum ranges of the consumption indices and the percentage occurrence of empty stomachs are also shown in the same figure.

Specimens of medium- and large-sized groups were captured at night, i. e., a period between after sunset and before sunrise at the latest, since they were captured by drift gill net. UCHIHASHI (1976) postulated that Japanese Spanish mackerel seems to take food from dawn to dusk, but not during the night, based on his studies concerning the form of brain. Hence, the stomach contents of medium- and large-sized groups are presumably the remains of food ingested before sunset. If the time required to complete digestion is equal regardless of prey taxon, size, and temperature of the environment, the consumption index indicates roughly the gross quantity of consumption per body weight of predator during a certain fixed period before sunset. Thus, the index described above would be appropriate to express the intensity of feeding activity.

As shown in Fig. 3, samples in April, July and August in Beppu Bay showed high consumption indices in medium- and large-sized groups. Although the spawning season of Japanese Spanish mackerel in the investigated area has been found from May to July (KISHIDA *et al.* 1985), the condition factor (Bw/L^3; L is fork length in millimeters) of these groups indicated an obvious decrease in the spawning season, and increased during pre- and postspawning periods (Fig. 4). The decrease of the condition factor in the spawning season may be caused by the diminish of body weight following the spawning or spending activities. The periods of increase of the condition factor corresponded approximately to the periods of active feeding shown in Fig. 3. These facts suggest that this species compensates the decrease of body weight caused by spawning or spending by increasing the feeding activity during pre- and postspawning periods. Further, the samples collected from Beppu Bay in July seemed to belong to a postspawning group, because the mean gonad indices (24.5 for medium-sized and 35.6 for large-sized group)were small in comparison with those in the spawning season reported by KISHIDA *et al.* (1985).

In the small- and medium-sized groups, the consumption indices during summer and fall appeared to be higher than in winter. This trend may correspond to the fact that summer and fall are the growing seasons of this species (KISHIDA *et al.* 1985). However, the consumption indices for June and July in small-sized group appeared to be relatively small, although these months also seem to be in the growing season. This may be caused by the diurnal feeding rhythms, since these specimens were captured in

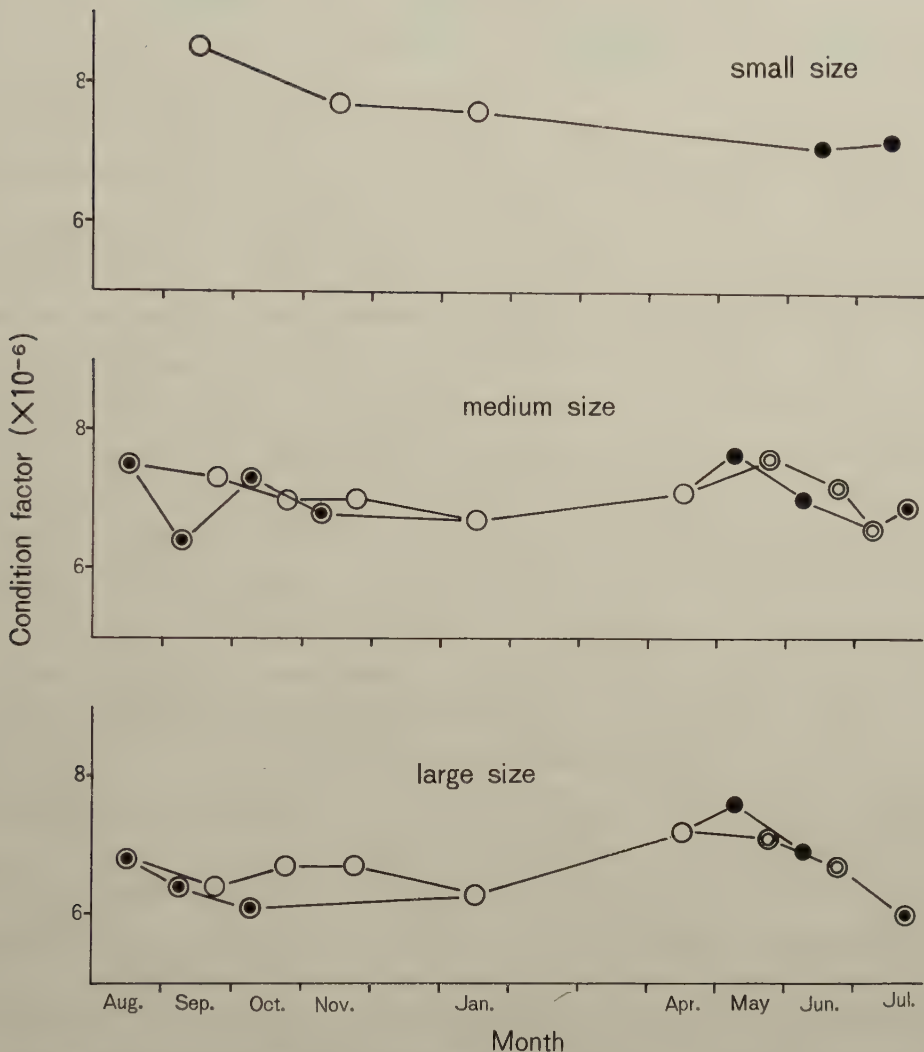


Fig. 4. Monthly change of the average condition factor of Japanese Spanish mackerel for different size groups.
⦿: Beppu Bay. ○: Iyo-nada. ●: Hiuchi-nada. ◎: Aki-nada.

daytime, though time of catch is unknown, despite the specimens of medium-sized group were captured at night. Although it seems necessary to examine factors such as the size of prey and water temperature, which presumably affect the speed of digestion, they were remained for future investigation.

Concerning the percentages of empty stomachs, the seasonal variation, which is the reciprocal of feeding activity, was reported for Japanese whiting *Sillago sihama* (FORSKÅL) (KAKUDA 1970). For medium- and large-sized groups of Japanese Spanish mackerel, there was a similar trend throughout the year that the curves for the percentages of empty stomachs were the reciprocal of those for the mean consumption

indices (Fig. 3). However, the influence of daily feeding periodicity was unable to consider, because the time of capture by the gill net could not be specified. In the case of bastard halibut *Paralichthys olivaceus* (TEMMINCK *et* SCHLEGEL) which takes prey in daytime (KIYONO 1973) in the same way as Japanese Spanish mackerel, the percentage of empty stomachs reaches the maximum before sunrise (HAMANAKA and KIYONO 1978).

However, concerning the relationship between percentage of empty stomachs and consumption index, there were some exceptions for the present species in the large-sized group in October in Beppu Bay and medium-sized group in April in Iyo-nada. HAYASHI (1983) described that the percentage of fish with diets in the stomach tend to increase with the relative enhancement of the abundance of prey. In October, the abundance (density) of prey was presumably high, because no empty stomach was notified despite the consumption index was small. According to HAYASHI (1983), a high percentage of empty stomachs may partly be caused by low density of prey and in-active feeding as well. In the present study, a relatively large consumption index of medium-sized group was found in April. This value was presumably derived from an active feedind. Nevertheless, the percentage of empty stomachs reached up to 33 %. As will be described later, the diet of this month consisted almost exclusively of sardine over 50 g in weight. The abundance of small prey (cf. Fig. 6), which seems to be captured without great effort by medium-sized group, was probably low. The percentage of empty stomachs was therefore comparatively high.

3. Species and size composition of feed

Among 714 specimens examined in this study, 456 stomachs contained foods. In these stomachs, 25 taxa of food including 16 fish species were identified. The total number of individuals was 3,809. Main foods for small-sized group were Japanese anchovy, sand lance *Ammodytes personatus* GIRARD, Japanese common squid and Atlantic cutlassfish *Trichiurus lepturus* LINNAEUS. While, sardine, Japanese anchovy, Japanese common squid, Atlantic cutlassfish, sand lance, gizzard-shad, round scad and chub mackerel were eaten by medium- and large-sized groups.

The diet composition obtained by the number method (HYNES 1950) is shown in Table 3. Further, the reconstructed weight composition for main food items are shown in Fig. 5 (small-sized group) and Fig. 6 (medium- and large-sized groups). Here, reconstructed weight of each prey was grouped into every 10 g intervals. The total of the reconstructed prey weight for each weight class and each food item was then calculated. The percentages of the total weight of each food item and weight class against the sum total of the weight of reconstructed stomach contents of each group were then

Table 3. Diet composition of Japanese Spanish mackerel determined by the Number Method for each size group, month, and geographical area. Figures in the table indicate the percentage composition defined as follows: 9=100—90%, 8=90—80%, ···, 0=10—0%, dash=zero. Boldfaced figures correspond to the species written with boldfaced letters.

B=Beppu Bay. I: Iyo-nada, S: Suo- and Iyo-nada, H: Hiuchi-nada, A: Aki-nada. S, M, L=small-, medium-, and large-sized group, respectively.

Food items: Common name	Food items: Scientific name	Predator size	Au.	Sep. B	Sep. I	Oct. B	Oct. I	Nov. B	Nov. S	Ja.	Ap.	May H	May A	June H	June A	July A	July B
Japanese anchovy	*Engraulis japonica*	S			9				1	0				—		9	
		M	9	3	8	3	5	0	9	0	—	0	2	9	1	7	0
		L	1	—	3	2	9		9	3	—	0	0	2	3	—	0
Japanese anchovy's whitebait		S			—				—	1				0		—	
Unidentified whitebait		S			—				—	**0**				**6**		—	
Sardine	*Sardinops melanostictus*	S			0				—	—				—		—	
Japanese codlet	*Bregmaceros japonicus*	M	0	—	0	**0**	—	—	—	—	8	—	—	—	0	0	4
		L	5	—	—	—	—		0	0	7	0	1	—	1		4
Atlantic cutlassfish	*Trichiurus lepturus*	S			—				3	—				—		**0**	
Japanese Spanish mackerel	*Scomberomorus niphonius*	M	0	—	—	3	0	5	—	—	—	—	2	—	0	—	—
		L	1	—	1	6	**0**		—	—	0	—	—	—	0		—
Sand lance	*Ammodytes personatus*	S			—				—	8				—		—	
Round scad	*Decapterus maruadsi*	M	**0**	—	**0**	**1**	**2**	—	—	8	—	9	—	—	7	0	—
		L	**1**	—	**1**	—	**0**		—	1	—	8	1	—	5		—
Chub mackerel	*Scomber japonicus*	S			—				—	—				—		0	
Japanese horse mackerel	*Trachurus japonicus*	M	**0**	—	0	**0**	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	**0**
Horse-scad mackerel	*Decapterus muroadsi*	M	**0**	—	—	—	0	—	—	—	—	—		—	—	—	—
Scaled sardine	*Herklotsichthys zunasi*	L	1	—	—	—	—		**0**	—	—	—	—	—	—		—
Unidentified Carangidae		M	0	—	—	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
Yellowspotted bandfish	*Acanthocepola krusensterni*	L	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	**0**		0
Gizzard-shad	*Clupanodon punctatus*	M	0	—	0	**0**	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—
Banded blue-sprat	*Spratelloides gracilis*	L	—	—	—	—	—		—	—	—	0	—	5	0		0
Round herring	*Etrumeus teres*	M	0	—	0	0	0	—	—	—	—	—		—	—	—	—
Silverside	*Allanetta bleekeri*	L	—	—	—	**2**	—		—	—	—	—	—	—	—		—
Unidentified fish		S			—				0	—				0		0	
		M	0	3	0	0	0	0	—	0	0	0	3	0	0	0	1
		L	—	9	1	—	0		0	1	0	0	1	1	0		1
Japanese common squid	*Todarodes pacificus*	S			—				—	—				0		0	
Calamary	*Loligo*	M	—	**3**	—	—	**0**	**0**	**0**	0	1	0	3	0	0	0	2
		L	—	—	1	—	**0**		**0**	**0**	1	0	5	—	0		3
Bottle-tailed cuttlefish	*Euprymna morsei*	S			—				**0**	0				—		—	
Unidentified squid		M	—	—	—	**0**	**0**	—	—	0	—	**0**	—	—	—	—	—
		L	—	—	—	—	—		—	4	—	—	—	—	—		—
Shrimp	*Macrura*	S			—				1	0				1		—	
Crab's megalopa	*Brachyura*	M	—	—	0	**0**	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		L	—	—	1	—	—		0	—	—	—	—	—	—		—
Isopod	*Isopoda*	M	**0**	—	—	0	0	—	**0**	—	—	—	—	—	—	0	—
Seaweeds		L	—	—	1	—	—		0	—	—	—	—	—	0		—
Mantis shrimp's larva	*Stomatopoda*	S			—				0	—				—		—	
		M	0	—	0	0	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Copepod	*Copepoda*	S			—				**1**	—				—		—	
Unidentified crustacean		M	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Unidentified organism		M	—	—	—	—	**0**	—	**0**	—	—	—	—	—	—	—	—
Indigestible substance*		L	—	—	—	—	0		—	**0**	—	0	—	—	—		—

* Nylon filament, a piece of net, etc.

calculated by month, area, and size. The foods which could not be identified and those of difficult to reconstruct original body weight because of quick digestion were eliminated from these figures.

The monthly occurrence of main food eaten were summarized as the following based on Table 3 and Figs. 5 and 6. Japanese anchovy was the predominant food by number. The total number of this species in the entire specimens was 1,880. The mean body weights for small-, medium-, and large-sized groups were 1.2, 2.4, and 4.2 g, respectively. Although the individual body weight was rather small, this species was important especially for the small- and medium-sized groups during June and November, occupying with high percentages in weight basis. For large-sized group, Japanese anchovy was also the principal food in November in Suō-nada and Iyo-nada. The majority which occurred during January and June in the small-sized group was the whitebait.

Sardine (Total number of individuals: 204, BW in each size group: 12.6, 36.8, and 47.3 g) was the most important prey on a weight basis. This species was less important in the premature stages of Japanese Spanish mackerel. However, it was the dominant food from the beginning of the first maturation (April in medium-sized group), excluding a period from September to November. This feed was most important pery in April and June in Aki-nada, and July and August in Beppu Bay.

Sand lance (Total number of individuals: 1,082, BW in each size group: 2.3, 1.1, and 1.1 g) was the predominant prey for small- and medium-sized groups from January through May, excluding April, when Japanese anchovy diminished its occurrence in the stomachs.

Japanese common squid (Total number of individuals: 129, BW in each size group: 6.2, 16.8, and 25.1g) and gizzard-shad (Total number of individuals: 19, BW in each size group: none, 44.6, and 88.3 g) occurred mainly in the stomachs from May to July. Japanese common squid was most weighty for medium- and large-sized groups in May and for small-sized group in June. Gizzard-shad was prominent for large-sized group in June in Hiuchi-nada.

Atlantic cutlassfish (Total number of individuals: 127, BW in each size group: 2.5, 13.3, and 39.0 g), round scad (Total number of individuals: 63, BW in each size group: none, 3.3, and 59.3 g), and chub mackerel (Total number of individuals: 8, BW in each size group: 0.1, 74.6 g and none) occurred mainly in the stomachs during fall. Atlantic cutlassfish was particularly predominant in October and November in Beppu Bay. Round scad and chub mackerel were relatively notable in September and October in Iyo-nada, but occurred very rarely during other periods. Although the differentiation between chub mackerel and spotted mackerel *Scomber australasicus* CUVIER by the struc-

ture of vertebrae has been found impracticable (TAKAHASHI 1962), they were classified as chub mackerel dependind on the information about the area of distribution (TATARA *et al.* 1965).

Japanese Spanish mackerel itself was also found in the stomachs. Eight juveniles (mean BW : 1.1 g) occurred in July in the small-sized group and a young fish (BW : 221 g) in October in the large-sized group.

These animals described above seemed to be the pelagic or the mesopelagic species (TATARA 1977). Thus, the diet of Japanese Spanish mackerel consisted almost entirely of the pelagic and mesopelagic animals, though the diet composition varied seasonally and with the developmental stages of predator. Food of the present species reported by HAYASHI (1919) and WHANG *et al.* (1977) are also the pelagic or the mesopelagic animals. However, yellowspotted bandfish *Acanthocepola krusensterni* (TEMMINCK *et* SCHLEGEL) which occurred in June in the large-sized group (mean BW : 103 g) was defined as the benthic species (HAYASHI and YAMAGUCHI 1962). Thus, this species seemed to be an exceptional diet of Japanese Spanish mackerel.

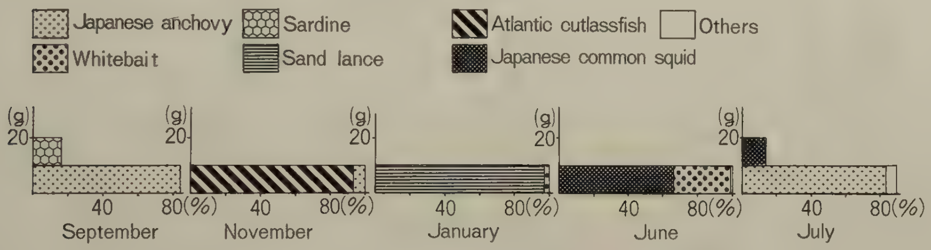


Fig. 5. Monthly change of the reconstructed prey weight composition for small-sized group. For scientific names refer to the legend for Table 3.

A weak similarity of the food composition for specimens collected from different localities were observed despite they belonged to the same size group and were captured in the same month. In October, principal prey in Beppu Bay was Atlantic cutlassfish, whereas Japanese anchovy, round scad, and chub mackerel were abundant in Iyo-nada. In November, the principal prey was Japanese anchovy in Suō-nada and Iyo-nada in the medium-sized group, while Atlantic cutlassfish in Beppu Bay. Further, diet composition of the medium- and large-sized groups in May and June revealed that sardine was presumably important component of diet in Aki-nada than in Hiuchi-nada. The reverse relationship was noticed for sand lance and gizzard-shad. In July, difference was also obvious for medium-sized group. The principal feed was Japanese anchovy in Aki-nada, and sardine in Beppu Bay. These diversities of diet compositions among the

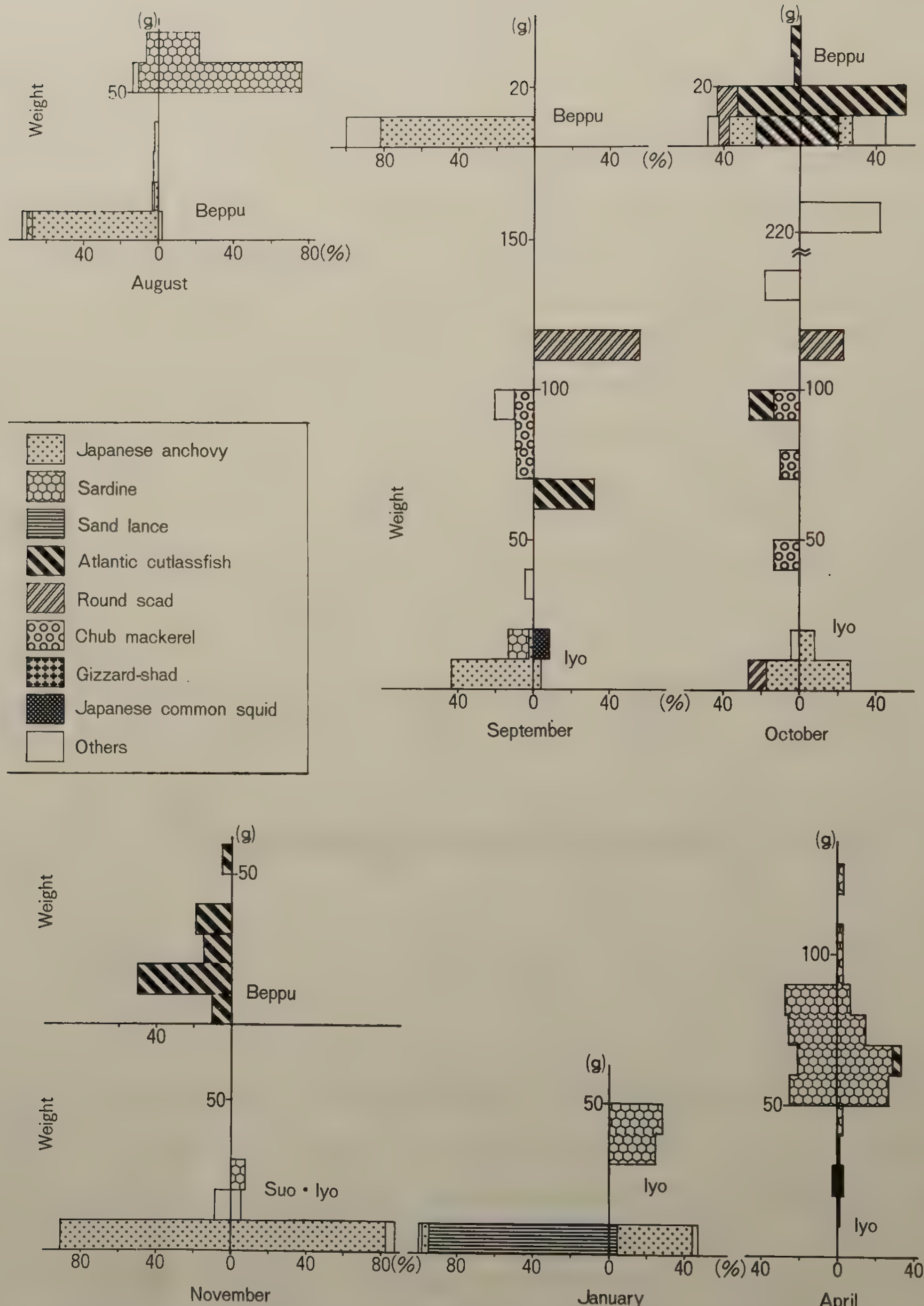


Fig. 6. Monthly and regional changes of the reconstructed prey weight composition. The medium-sized group is shown on the left and the large-sized group on the right side of ordinates. For scientific names refer to the legend for Table 3.

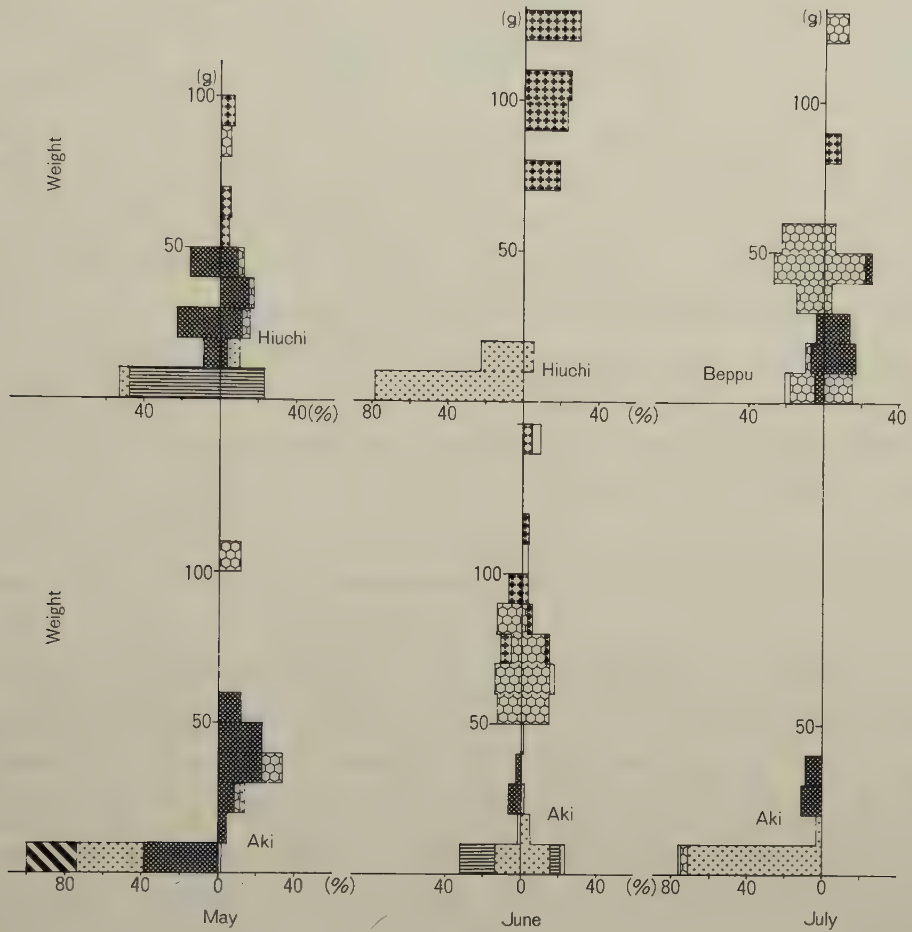


Fig. 6. continued

geographical areas may reflect the difference of food composition in the respective environment. Although the food of Japanese Spanish mackerel was limited mainly to the pelagic and mesopelagic Pisces and cephalopods, the preference for food seemed to be negligible. The seasonal variation in diet composition as described above is presumably ascribed also to the diversity of foods in the environment. The seasonal variation of the food composition should be influenced by the seasonal changes of pelagic and mesopelagic fauna there, and also by the pattern of seasonal migration of Japanese Spanish mackerel in the areas investigated.

As shown in Figs. 5 and 6, the weight composition for small-sized group revealed that the majority was less than 10 g with an upper limit of 20 g. The maximum ratio of prey/predator weight (R) was obtained as 5.0 % with sardine in September.

For medium- and large-sized groups, the upper limits of the weight of feed increased. The largest prey for the medium-sized group was round herring *Etrumeus teres* (DEKAY),

133 g in weight, and 221 g of Japanese Spanish mackerel was eaten by the large-sized group. Both species were found in specimens collected in October. Thus, the maximum value of R was obtained as 5.7 % in medium- and 7.4 % in large-sized groups.

The upper limits of the weight of prey in each month and area for medium- and large-sized groups indicated considerable fluctuations. This suggests that environmental characteristic of different research area is not identical from the viewpoint of prey size. However, the upper limit of the weight of prey of large-sized group was greater than that of medium-sized group regardless of sampling month and area. The degree of dependence on small prey including Japanese anchovy and sand lance decreased in the large-sized group. Hence, it is noticed that the percentage of large prey increased with the enlargement of predator size, although this tendency could be restricted by the feature of food in the environment.

Acknowledgments

I am indebted to Y. Kamijyo and Y. Yokomatsu of Oita Prefectural Shallow Sea Fisheries Experimental Station, I. Hayashi of Fukuoka Prefectural Buzen Fisheries Experimental Station and the staff of Toyo Branch, Ehime Prefectural Fisheries Experimental Station, for their co-operation in collecting the specimens. I am also grateful to H. Ito of Nansei Regional Fisheries Research Laboratory for his kind supply of samples. A special thanks to K. Ueda and K. Takao of NRFRL for their support throughout this study. Thanks are also due to M. Anraku of NRFRL for the improvement of manuscript.

References

Clarke M. R., 1962: The identification of cephalopod "beaks" and the relationship between beak size and total body weight, Bull. Brit. Mus. (N. H.) Zool., **8**, 419–480.

Hamanaka Y. and S. Kiyono, 1978: The diurnal activity and feeding habit of coastal fishes off the mouth of the River Yura, Bull. Kyoto Inst. Oceanic Fish. Sci., **2**, 117–128. (in Japanese)

Hayashi M., 1919: Fisheries research of Japanese Spanish mackerel, No 1, Kagawa Pref. Fish. Exp. Stn., 5–27. (in Japanese)

Hayashi T. and Y. Yamaguchi, 1962: Study on food niches of the benthic piscivors, Bull. Naikai Reg. Fish. Res. Lab., **15**, 1–113. (in Japanese with an English summary)

Hayashi T., 1983: What insights can be gained from stomach contents? Essay on the feeding strategy of the Lizard fish from informations gathered from the stomach contents, J. Fac. Appl. Biol. Sci., Hiroshima Univ., **22**, 271–302. (in Japanese with an English summary)

Hotta H., 1973: Identification of squids and cuttlefish in the adjacent waters of Japan, using

the characteristics of beaks, Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., **43**, 133–147. (in Japanese with an English summary)

HYNES H. B. N., 1950: The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes, J. Anim. Ecol., **19**, 36–58.

KAKUDA S., 1970: Studies on the ecology and fishing stock of *Sillago sihama* (FORSKÅL) through the analysis of its bottom drift-net fishery, J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ., **9**, 1–55. (in Japanese with an English summary)

KISHIDA T., K. UEDA, and K. TAKAO, 1985: Age and growth of Japanese Spanish mackerel in the central and western waters of the Seto Inland Sea, Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **51**(4), 529–537. (in Japanese with an English summary)

KIYONO S., 1973: Ecological investigation for farming fishery, Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanogr., **22**, 54–68. (in Japanese)

MATSUMIYA Y., I. KINOSHITA, and M. OKA, 1980: Stomach contents examination of the piscivorous demersal fishes in Shijiki Bay, Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., **54**, 333–342. (in Japanese with an English summary)

TAKAHASHI Y., 1962: Study for the identification of species based on the vertebral column of teleostei in the Inland Sea and its adjacent waters, Bull. Naikai Reg. Fish. Res. Lab., **16**, 1–198. (in Japanese with an English summary)

TATARA K., Y. YAMAGUCHI, and T. HAYASHI, 1962: Study for the restoration of length and weight of prey fishes, found in the stomachs of predators, by graphic estimation using column length of fish vertebrae, Bull. Naikai Reg. Fish. Res. Lab., **16**, 199–228. (in Japanese with an English summary)

TATARA K., R. KITAMORI, K. NAGATA, S. MITO, T. HAYASHI, and S. KUDO, 1965: The list of Pisces in the Seto Inland Sea and its adjacent continental shelf obtained from the investigation for development of fisheries in the Seto Inland Sea, Rep. Naikai Reg. Fish. Res. Lab. (Pub. Ser. C), **3**, 77–123. (in Japanese)

TATARA K., 1977: Fishery resources and the prospect of fisheries in the Seto Inland Sea, Tech. Rep. Nansei Reg. Fish. Res. Lab., **1**, 34–54. (in Japanese)

UCHIHASHI K., 1976: Basic behavior pattern of important Pisces, in "Fisheries in the Akashi Channel", *ed.* K. UCHIHASHI, Com. Sci. Inv. on the Akashi Channel, Kobe, 181–192. (in Japanese)

WHANG H. J., M. N. KIM, and J. C. KIM, 1977: Study on the distribution and ecology of Spanish mackerel (*Sawara niphonia*), Bull. Fish. Res. Dev. Agency, **17**, 113–124. (in Korean with an English summary)

瀬戸内海中西部域におけるサワラの食性

岸田　達

1981年５月から1984年６月までの間に瀬戸内海中西部域で漁獲されたサワラ714尾の胃内容物を調査し，以下の知見を得た。

1. 産卵期の前後である４月及び７月の一部と８月には，親魚群の摂餌活動が活発化する。
2. 未成魚群の成長期にも摂餌活動が活発な傾向がうかがえた。
3. 全体をとおしての主な餌生物は，カタクチイワシ，マイワシ，イカナゴ，タチウオ，マルアジ，スルメイカなど，表・中層性の動物であった。
4. 餌組成は，季節・海域によって差異がみられた。
5. 捕食者が大きくなると，大型の餌の比率が増加する傾向がみられた。

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 20, 1986

周防灘における動物プランクトンの出現特性及び生産量

古　賀　文　洋

The Occurrence and Production of Zooplankton in Suō-nada, Western Seto Inland Sea

Fnmihiro Koga

Netzooplankton was collected in January, May, July and October, 1982, in Suō-Nada, western Seto Inland Sea by the vertical haul of a conical net with 0.1 mm mesh opning. The seasonal succession and variation of species composition, density, biomass and production were then analysed. The biomass and amount of carbon of the representative species were estimated through the length/weight and number of individuals method.

In July, the most abundant copepod species, *Paracalanus parvus* was concentrated in the southern coastal water (66,045 individuals$\cdot$m^{-3}). In October, individual number of *Oithona brevicornis* reached 48,973$\cdot$m^{-3} in the same area. The area of abundance of *Microsetella norvegica* was found in wide range of coastal and offshore waters, 29,779 individuals$\cdot$m^{-3} in July. The copepods biomass occupied 17% of the mean zooplankton biomass and was eqivalent to 50% of the carbon value. *Doliolum denticulata*, Thaliacea, was significantly abundant in the central water through the entire season excluding July. However, this species did not appear in the western coastal water. The maximum number (7,298$\cdot$m^{-3}) and biomass (21.5g dry wt$\cdot$m^{-2}) wers recorded in May. The biomass occupied at least 80% of the mean total biomass in dry weight, which was equivalent to about 50% in carbon value.

The zooplankton annual production and the total production in Suō-Nada as a whole were estimated to be 6 g–C$\cdot$m$^{-2}\cdot$Yr^{-1} and 18kilo–ton, based on the assumption that annual turnover ratio of important species is 4. The improvement of parameters used need to be done to obtain precise figure of production.

周防灘は，瀬戸内海の西北部に位置し，山口県南部，福岡県西部及び大きく張出した大分県国東半島によって囲まれ，平均水深23.7m，総容積73.6km³の浅い海域である。南東部が深く，伊予灘に面して開放する。反対に，浅い西北部は，狭い関門海峡によって外海の響灘に通じている。この海峡からの海水の流出入はわずかであり，灘は半閉鎖的水域である。このため灘の沿岸域では富栄養化が進み，赤潮がしばしば発生している。一方，一部の水域には，外洋性のプランクトンなどが出現しており，サワラなどの回遊魚の漁場形成もみられている。このような周防灘の生物生産機構の中で重要な役割を果たす動物プランクトンについて，その分布，季節変化などの出現生態，及び現存量を測定し，生産量を推定した。更に，プランクトンからみた灘の特性も検討

1985年11月20日受理，南西海区水産研究所業績第178号，〒739-04 広島県佐伯郡大野町

した。

本研究は科学技術庁の振興調整費による海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究（第一期）の一部として実施したものであり，調査に協力を載いた当所のしらふじ丸小滝　操船長はじめ乗組員諸氏に厚くお礼申し上げる。なお，本稿について懇切な校閲を載いた本所の篠岡久夫所長に深謝の意を表する。

方　　法

1982年１月24～25日，５月27～28日，７月15～17日及び10月13～15日の４回，周防灘の19点（Fig. 1）において動物プランクトンをネット（口径30cm，円筒一円錐形ろ過部130cm，NXX-13，目合0.1mm）の海底から海面までの垂直揚網によって採集した。同時に，環境特性の把握のため TS 水質モニター（鶴見精器製）によって水温及び塩分を，セッキー板によって透明度を測定した。これらと顕微鏡下で測定した採集試料中の種別の体長及び個体数から灘における動物プランクトンの出現，分布などの生態特性を把握した。一方，プランクトンの出現から灘の水域別特性も検討した。更に，主として HIROTA（1977），弘田（1981，1985）による体長一体重換算式及び炭素含有率に基づいて，体長及び個体数から現存量（乾重量及び炭素量）を求めた。年間世代数を年間回転効率にして行う生産力の推定方法（CUSHING 1971，科学技術庁資源調査所　1980）を用い，種々の動物プランクトンの年間世代数から仮定した年間回転効率によって年間平均現存量から生産量を推定し，日間回転率，転送効率などを得た。これらと IKEDA and MOTODA（1978）の呼吸代謝法による推定生産量及び他水域の動物プランクトン生産量とを比較し，現存量の年間回転効率による簡易生産量推定法について検討した。

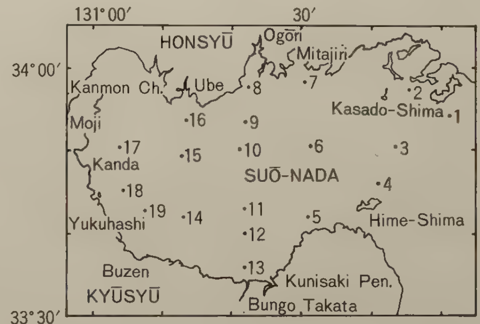


Fig. 1. Area of investigation and sampling stations.

結果及び考察

動物プランクトンの出現及び分布には一般的に環境の水温，塩分，透明度などの条件に基づく種特性がみられる。このことから周防灘における環境条件及び動物プランクトンの水域特性，季節変化などをみた。

1. 一　般　環　境

(1)　表層水温

１月の水温は，浅い西～南部水域では低く，７～９℃であり，豊後高田沿岸域では最低であっ

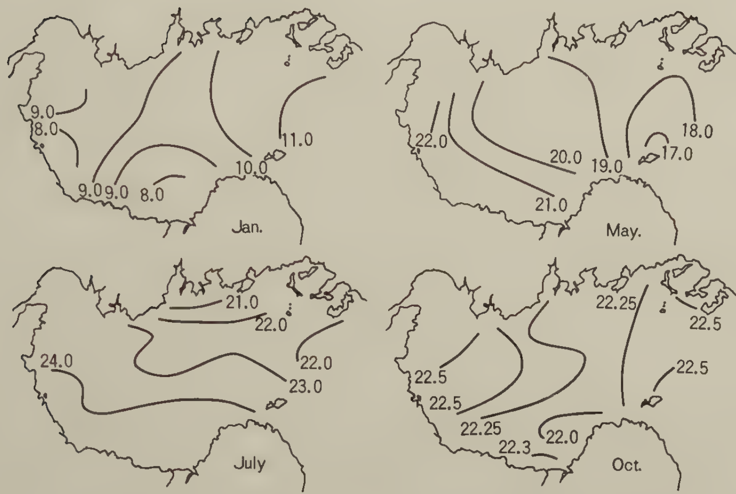


Fig. 2. Distribution of water temperature (°C) of the surface layer (1982).

た。深い東部水域では10～11℃であり，笠戸島沖で最高の11.4℃であった。5月の水温は，1月と異なり，西～南部水域では20～22℃と高く，苅田沖では最高の22.06℃であった。東部水域では17～19℃であり，最低水温は姫島沖の16.7℃であった。7月の水温は，東部水域では21～23℃であり，西部水域の23～25℃よりわずかに低かった。北部の小郡沿岸域では20.5℃であったが，南部の豊後高田沿岸域では24.7℃であり，灘の東西よりも南北に温度差がみられた。10月の水温は，中央部では22℃と低く，東部及び西部では22.5℃とやや高かった。けれども，その差はわずかに1℃以内であり，全体的に均一な水温分布を示した（Fig. 2)。

(2) 表層塩分

1月の塩分は灘の東部及び西部水域では33.0～33.7‰であったが，中央部の塩分は32.5～33.0

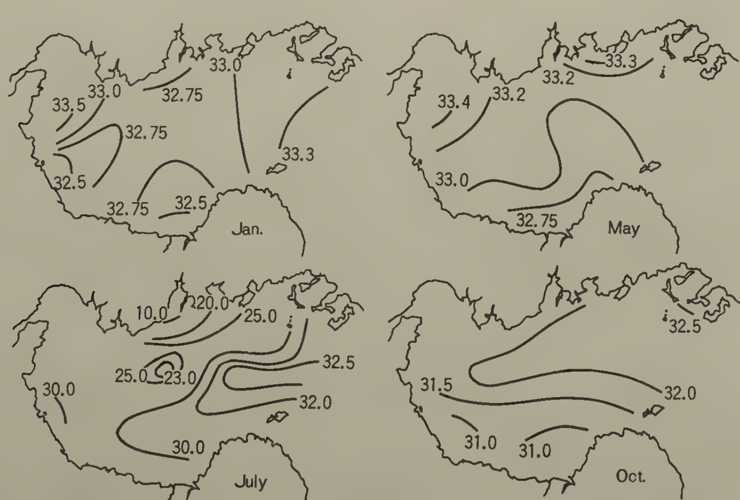


Fig. 3. Distribution of salinity (‰) of the surface layer (1982).

‰であり，東及び西部のそれよりやや低かった。5月の塩分は，南部の豊後高田沿岸域で最低の32.52‰であり，西部の苅田沖では最高の33.44‰であった。けれども，その差は1‰以下であった。7月の塩分は，北部の小郡沿岸域では最低の9.58‰であり，南部の豊後高田沿岸域でも低く，26.16‰であった。伊予灘に接する東部水域では比較的に高く，笠戸島沖では32.78‰であった。7月の調査時期は豪雨直後であり，西及び南部の浅い沿岸域における表層水の塩分の異常な低下がみられた。10月の塩分は，南部の宇島～豊後高田沿岸域では低く，30.72～30.88‰，北東部の笠戸島周辺では高く，32.53‰であり，灘の南北に塩分較差がみられた（Fig. 3)。この塩分分布はクロロフィルaの分布とよく一致する（神戸海洋気象台海洋課　1985）ため，低塩分水域にはクロロフィルaが多く，動物プランクトンの餌が豊富であるとみられる。

(3)　透 明 度

1月の透明度は，東部の笠戸島沖及び北部の宇部沖では9.5mであり，比較的に高かったが，西部の苅田沖では低く，2.4mであった。5月の透明度は，12.5mが観測された笠戸島周辺から灘中央部では高いが，西部沿岸域では低く，苅田沖では3.3mであった。7月の透明度は，笠戸島沖で最も高く，16mであったが，灘沿岸域では低く，1～2mであり，その較差が大きかった。10月の透明度は，灘中央部では高く，11.2～12.4mであったが，西部の苅田沖では低く，2.4mであった。一般的にみて周防灘の透明度は，東部から中央水域では高く，西部をはじめ沿岸水域では低かった(Fig. 4)。この透明度はクロロフィルa量と高い負相関があり(山口・安楽　1984)，低い透明度水域に動物プランクトンの餌が多いとみられる。

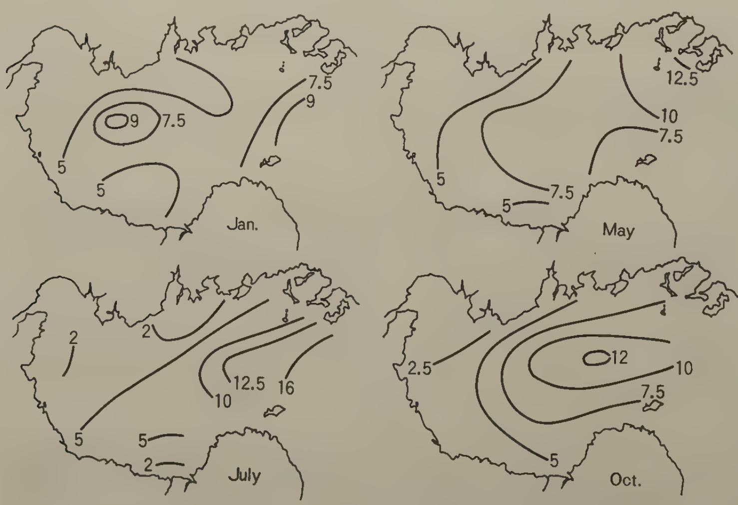


Fig. 4. Distribution of transparency (m) (1982).

2. 出 現 種

周防灘における動物プランクトンの主な出現種は橈脚類14，枝角類3，矢虫類2，尾虫類2，タリア類1の計22種であった（Table 1)。このほか，橈脚類の *Eucalanus crassus*, *E. pileatus*,

Table 1. Main species identified from the samples collected in Suō-nada.

CRUSTACEANA	Branchiopoda
Copepoda	*Penilia avirostris* DANA
Calanus sinicus BRODSKY	*Podon polyphemoides* LEUCKART
Paracalanus parvus (CLAUS)	*Evadne tergestina* CLAUS
Parvocalanus crassirostris (DAHL)	
Euchaeta plana MORI	CHAETOGNATHA
Centropages abdominalis SATO	Sagittidea
Centropages yamadai MORI	*Sagitta crassa* f. *naikaiensis* TOKIOKA
Pseudodiaptomus marinus SATO	*Sagitta enflata* GRASSI
Acartia omorii BRADFORD	
Tortanus forcipatus (GIESBRECHT)	PROTOCHORDATA
Oithona brevicornis GIESBRECHT	Appendicularia
Oithona similis CLAUS	*Oikopleura dioica* (FOL)
Oncaea media GIESBRECHT	*Oikopleura* sp.
Corycaeus affinis McMURRICH	Thaliacea
Microsetella norvegica BOECK	*Doliolum denticulata* QUOY & BERNER

Temora turbinata, *Labidocera rotunda*, *Oncaea venusta*, *Corycaeus* sp., *Euterpina acutifrons*, 枝角類の *Podon schmackeri*, 矢虫類の *Sagitta nagae*, *S. crassa*, *S. enflata*, *S. neglecta*, 尾虫類の *Oikopleura* sp., 更に，臨時プランクトン（Meroplankton）の蔓脚類，多毛類及び魚類の幼生などは，一部の調査点に極少数の個体が出現したが，現存量及び生産量にはほとんど影響がないので除外した。従属栄養藻類である鞭毛藻の *Noctiluca scintillans* は，多数個体が採集されることがあったが，動物プランクトンから除外した。一方，橈脚類のコペポディッド後期の個体が多数採集されたので，その数及び体長を測定し，成体とともに検討した。なお，コペポディッド期の体長はネット採集標本のものである。

主な動物プランクトンの分布，季節変化などの特性は以下のとおりである。

(1) 橈 脚 類

出現した種及び個体数ともに多いグループである（出現数の単位は個体数・m^{-3})。

Calanus sinicus　体長，成体2.9～3.1mm，平均3.0mm。コペポディッド期0.7～2.5mm，平均1.56mm。外洋，冷水系であり，多数の個体は，伊予灘に接する東部から北部水域に出現したが，西～南部の浅い沿岸域には少なく，ほとんど出現しない水域もみられた。1月には国東半島沿岸部及び笠戸島周辺域の590個体，5月には笠戸島沖の

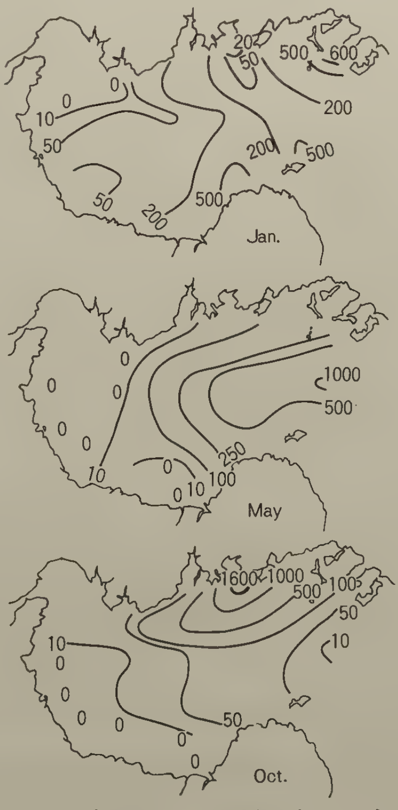


Fig. 5. Seasonal distribution of *Calanus sinicus* (No.・m^{-3}). No individual was found in July.

1,065個体，最大数は10月の三田尻沿岸域の1,653個体であった。7月には出現しなかった（Fig. 5）。

Paracalanus parvus　体長，成体0.8～1.1㎜，平均8.3㎜，コペポディド期0.3～0.7㎜，平均0.54㎜。灘中央部より沿岸域，特に，南部の豊後高田沿岸域に多く，周年出現する優先種の一種である。若い個体は多数個体が周年出現するが，7月及び10月に特に多かった。このことから本種はこの灘では常に繁殖するが，夏～秋季がその増殖適期であると判断される。各期の最大出現個体数は，1月9,025個体，5月14,302個体，7月66,045個体，10月47,276個体であった（Fig. 6）。

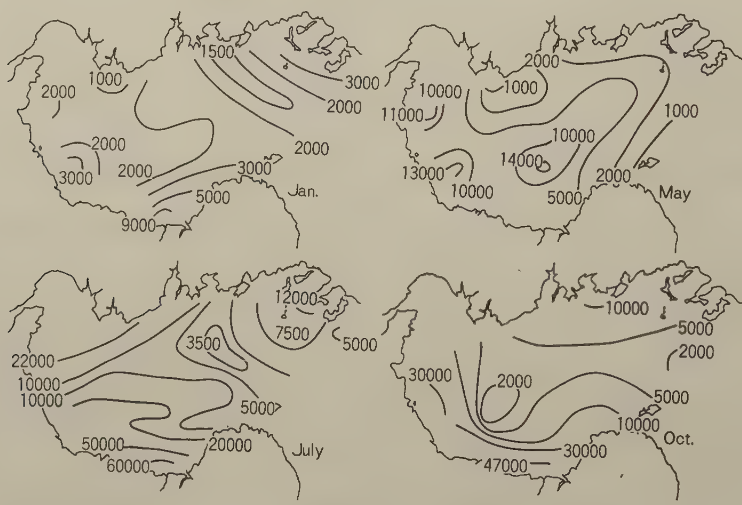


Fig. 6. Sesonal distribution of *Paracalanus Parvus* (No.・m^{-3}).

Parvocalanus crassirostris (=*Paracalanus crassirostris*)　体長0.3～0.5㎜，平均4.6㎜。主に10月に出現する体長0.5㎜の小型種である。1981及び1982年の両年ともに灘西部の苅田沖から南部の豊後高田沿岸域に多数出現しており，最大数は1982年の9,752個体であった。10月以外では，5月の北部沿岸域の35個体以外はほとんど出現しなかった（Fig. 7）。

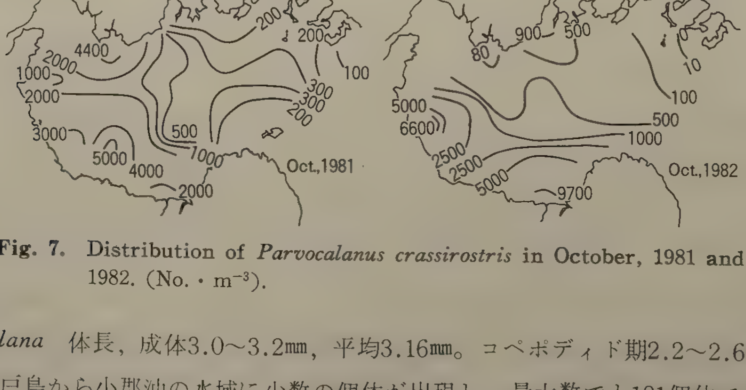


Fig. 7. Distribution of *Parvocalanus crassirostris* in October, 1981 and 1982. (No.・m^{-3}).

Euchaeta plana　体長，成体3.0～3.2㎜，平均3.16㎜。コペポディド期2.2～2.6㎜，平均2.39㎜。1月の笠戸島から小郡沖の水域に少数の個体が出現し，最大数でも191個体であり，他調査

期には出現しなかった。

Centropages abdomialis 体長1.6～1.8㎜，平均17.4㎜。コペポディド期1.1～1.4㎜，平均1.3㎜。低水温期の1月のみに少数の個体が出現した。最大数は850個体であり，灘中央部から西部水域に比較的に多かった。東部水域には少なかった。笠戸島周辺には373個体が遊離して出現していた。

Centropages yamadai 体長1.5～1.6㎜，平均1.58㎜。コペポディド期1.1～1.4㎜，平均1.14㎜。高水温期に出現する種である。5月には豊後高田沖の474個体，7月には小郡沿岸の220個体及び宇島沖の219個体が最大数であったが，このほかの水域及び時期にはほとんど出現しなかった。

Pseudodiaptomus marinus 体長1.5～1.7㎜，平均1.63㎜。5月の三田尻沿岸域に50個体，国東半島北部沿岸域に130個体が出現したが，他点及び他季節には出現しなかった。

Acartia omorii 体長1.1～1.3㎜，平均1.19㎜。コペポディド期0.5～0.9㎜，平均0.61㎜。低水温期に出現する種で，1月には灘中央から西部に比較的に多数出現し，最大数は苅田沖の18,199個体であった。5月には20℃以上の西～南部水域には出現せず，小郡沿岸域の1,785個体が最大であった。

Tortanus forcipatus 出現数は少なかったが，第1期コペポディドから成体まで得られた。第1期0.44㎜，第2期0.66㎜，第3期1.04㎜，第4期1.28㎜，第5期1.54㎜，成体1.9～2.0㎜，平均1.98㎜。7月には国東半島～宇島沿岸域に最大の32個体が出現した。

Oithona brevicornis 体長0.4～0.6㎜，平均0.52㎜の小型種である。10月には中央部に少ないが，西～南部水域に多数分布し，豊後高田沿岸域に最大数の48,973個体が出現した（Fig. 8）。1月には1，4，10，13の4点のみに少数出現し，笠戸島沖（Stn. 1）の225個体が最大であった。

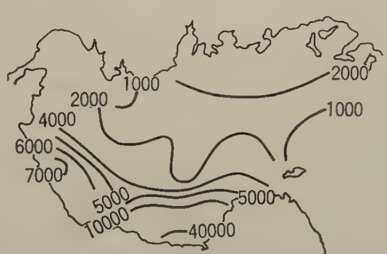


Fig. 8. Distribution of *Oithona brevicornis* in October (No.・m^{-3}).

Oithona similis 体長，成体0.7～0.8㎜，平均0.77㎜。コペポディド期0.4～0.6㎜，平均0.51㎜。周年出現する種である。1月には西部水域に少なく，1,000個体であった。東部の笠戸島周辺に最高の5,475個体がみられた。5月には笠戸島から灘中央部に多数分布しており，最大は17,501個体であった。7月には減少したが，灘中央部から東部水域に多数分布し，最大は笠戸島沖の4,380個体であった。10月には灘中央部の個体数は361に減少したが，その東及び西側水域には1,632及び1,379個体の出現がみられた（Fig. 9）。

Oncaea media 体長，雄0.3～0.4㎜，平均0.37㎜，雌0.5～0.6㎜，平均0.56㎜の小型種である。1月には西～南部水域に多く，最大数は豊後高田沿岸域の10,617個体であった。5月には出現数が減少し，比較的に多かった灘中央部でも最大数は148個体に過ぎなかった。7月の出現数は5月同様に少なく，西部の行橋沿岸域に少数の82個体，中央部に77個体が出現したが，13～17及び19点には出現しなかった。10月には南部沿岸域には出現せずに，中央部から東部笠戸島水域に多



Fig. 9. Seasonal distribution of *Oithona similis* (No. • m^{-3}).

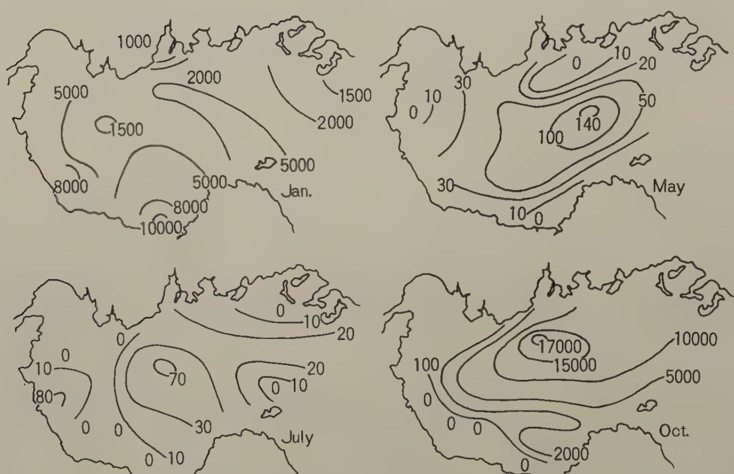


Fig. 10. Seasonal distribution of *Oncaea media* (No. • m^{-3}).

数出現し，最高は17,274個体であった。このように本種は，周年出現するが，５月及び７月には少なく，10月及び１月に多かったことから秋～冬季の増殖種とみられる（**Fig. 10**）。

Corycaeus affinis　体長0.8～0.11㎜、平均0.95㎜。１月には灘の西～南部の豊後高田沿岸域に多く，最大数は1,517個体であった。５月には西部及び東部水域の笠戸島周辺に多く，最大数は宇部沖の1,386個体であった。７月には西部水域に少なく，笠戸島沖に最大の1,405個体が出現した。10月には灘北部の三田尻沖に最大の953個体が出現したが，笠戸島周辺では減少しており，南部水域には出現しなかった。

Microsetella norvegica　体長，成体0.58～0.7㎜，平均0.67㎜。コペポディド期0.33～0.52㎜,

平均0.47㎜。 1月には北部の小郡沖に1,678個体，南部の豊後高田沖に18,785個体の多数が出現した。けれども，中央部，東部及び西部水域には比較的に少なかった。5月には小郡沖に最大数の18,817個体が出現し，東部の笠戸島周辺にも9,498個体が出現した。南部では減少し，豊後高田沿岸域には出現しなかった。7月には中央から西部水域に多数個体が出現し，最大数は中央部の29,779個体であった。10月には豊後高田沖に最大数の31,476個体，小郡沖に21,330個体が出現したが，西部水域には少なかった。この分布傾向は1月に類似していた。本種は，周年出現し，特に，夏～秋季に増大していたが，若い個体の出現から判断すると常に繁殖するものとみられる（Fig. 11)。

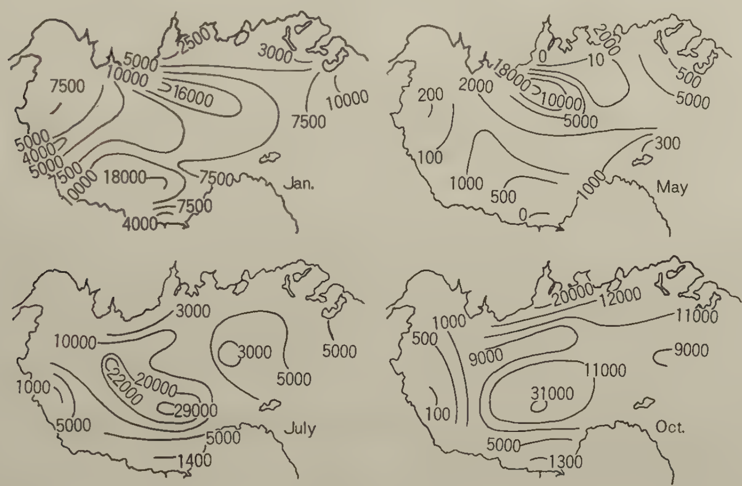


Fig. 11. Seasonal distribution of *Microsetella norvegica* (No. • m^{-3}).

(2) 枝 脚 類

Penilia avirostris 体長0.3～0.5㎜，平均0.48㎜。7月には北部の小郡沿岸域に多かった。最大数は20,724個体であったが，笠戸島周辺にも15,445個体が出現した。けれども，10月には587個体に減少し，1月及び5月には出現しなかったので，夏季の増大種とみられる（Fig. 12)。



Fig. 12. Seasonal distribution of *Penilia avirostris* (No. • m^{-3}). No specimen was found in January and May.

Podon polyphemoides 体長0.3～0.5㎜，平均0.42㎜。5月には西～南部沿岸域に多く，苅田沖に最大数の29,900個体が出現したが，中央及び東部水域には少なかった（**Fig. 13-(1)**）。7月には北部水域にわずかに50個体が出現したが，10月及び1月には出現しなかった。近縁の *Podon schmackeri* は1981年10月に451個体，1982年1月には1個体が北部沿岸域に出現したのみであり，これ以外には出現しなかった。



Fig. 13. Distribution of *Podon polyphemoides* (1) and *Evadne tergestina* (2) in May, 1982 (No.・m^{-3}).

Evadne tergestina 体長0.4～0.5㎜，平均0.42㎜。1月には中央部に少数の個体が出現したが，他の水域には出現しなかった。5月には西部の苅田沖に最大数の1,066個体が出現したが，東部水域には少なかった（**Fig. 13-(2)**）。また，7月及び10月には出現しなかった。

(3) 矢 虫 類

Sagitta crassa f. *naikaiensis* 体長1.5～6.5㎜，平均3.41㎜の小型種である。1月には灘中央部に最大数の139個体が出現したが，灘周辺部には少なかった。5月では灘中央から東部水域には出現せず，西部の苅田沖に最大数の648個体が出現した。7月でも東部水域には少なく，苅田沖に最大数の3,098個体が出現した。10月では西～南部水域に少なく，北部の小郡沿岸域に最大数の1,258個体が出現した。

Sagitta crassa 及び *S. enflata* は1月の西部沿岸域に少数個体が出現したのみである。また，*S. nagae* も出現したが，極めて少なかった。

矢虫類の出現数は，*S. crassa naikaiensis* の苅田沖の3,098個体が最大であり，瀬戸内海の他水域でも少なく（KADO 1957, KADO and HIROTA 1957, 弘田 1959，村上 1958，1959），優占種にはならなかった。

(4) 尾 虫 類

Oikopleura dioika 軀幹長0.6～0.7㎜，平均0.63㎜，尾部2.4～2.8㎜，平均2.58㎜。1月には中央部に出現せず，沿岸域のみに出現した。最大数は小郡沿岸域の671個体であった。5月には中央部に少なく，西部苅田沖に最大数の1,804個体が出現した。7月には中央部には出現せず，北部の宇部沖に最大数の1,947個体が出現した。10月には中央部から南部水域には少なく，北部及び西部水域，特に，西部の行橋沖に最大数の6,670個体が出現した。一般的に，本種は灘中央から東部水域に少なく，西部水域に多数出現する傾向を示した（**Fig. 14**）。

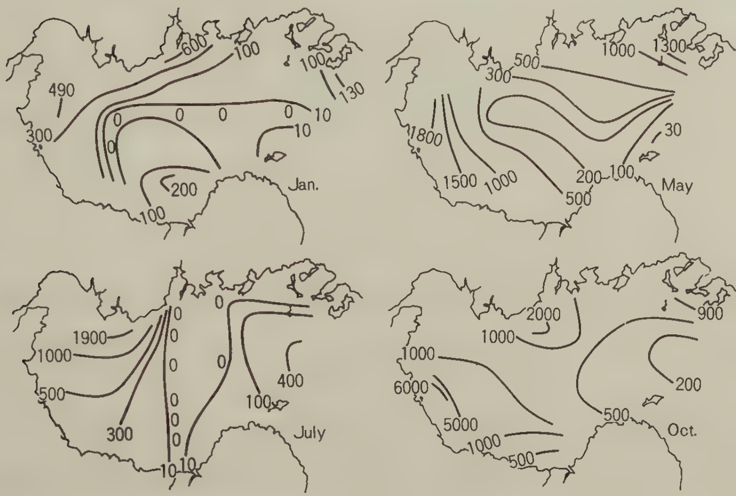


Fig. 14. Seasonal distribution of *Oikopleura dioica* (No. • m^{-3}).

(5)　タリア類

Doliolum denticulata　体長2.0～17.0㎜、平均7.45㎜。西～南部沿岸域には出現せず，中央部に多数個体が出現した。最大数は，１月では宇島沖の716個体，５月及び10月では灘中央部の7,298及び2,440個体であった。７月にはほとんど出現しなかった（Fig. 15)。

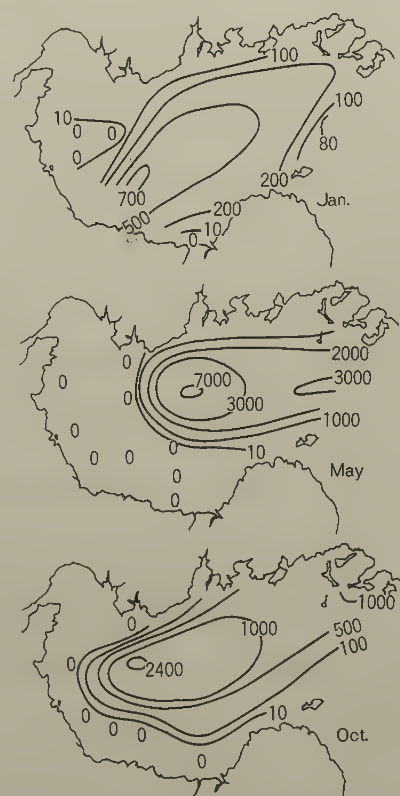


Fig. 15. Seasonal distribution of *Doliolum denticulata* (No. • m^{-3}).

(6)　優占種及び分布特性

ｉ）優 占 種

長期優占種　周防灘の動物プランクトンの中で優占群を構成し，周年出現する種は主に橈脚類の *Paracalanus parvus*, *Microsetella norvegica*, *Oithona similis*, *Oncaea media* などである。瀬戸内海ではこれまで橈脚類の出現個体数についての報告が少なく，それらとの具体的な比較検討ができなかった。

Paracalanus parvus (Fig. 6) は，透明度の低い沿岸域，特に，灘南部の夏～秋季に増大し，最大数は66,000個体であった。

Microsetella norvegica (Fig. 11) は，１月及び５月には他種よりも卓越したが，出現個体数では７月及び10月に多く，その最大数は31,476個体であった。分布は広島湾（Yamazi 1952）及び福岡湾（古賀他　1974）と同様に，灘の沿岸部と中央部，すなわち，高塩分水と低塩

分水との中間水域に多数出現する傾向を示した。本種は瀬戸内海では備後灘（HIROTA　1961），燧灘（HIROTA　1964），更に，それより東部の水域（HIROTA　1968b）にも多数分布する。燧灘では周防灘と同様に夏季に出現し（遠部　1984），更に，夏～冬季にかけても多数の出現が記録されている（HIROTA　1977）。*M. norvegica* は瀬戸内海以外の水域にも多数出現する。九州西部の大村湾には周年出現するが，最大数は1月の41,500個体であった（伊藤・飯塚　1979）。三河湾には10月に湾北部の沿岸域で優占し，最大数375,082の報告がある（門田他　1981），けれども，隣接の伊勢湾では優占種にならなかった（SEKIGUCHI　1978）。

Oncaea media（Fig. 10）は，周防灘では *Microsetella* と同様に，沿岸部と中央部の中間水域に周年出現するが，秋～冬季に一時的に増大した。この現象は，伊予灘及び広島湾（HIROTA 1969）などの他水域においてもみられる本種の特性である。

Oithona similis（Fig. 9）は，周防灘では水温が冬季に高く，夏季に低い水域，すなわち，豊後水道から流入する外海水の影響を受ける水域に出現し，春季に増殖する種である。このような条件で，塩分も比較的に高く，更に，透明度が5m以上の水域に出現する種である *Calanus sinicus*（Fig. 5）は秋～冬季にわずかに出現した。このほかに透明度が5m 以上で，灘の中央部から東部に出現し，春及び秋季に増大する種として *Doliolum denticulata* がみられた。

以上のように長期間優占する種類には橈脚類が多く，これらは灘の生産力を維持する重要なグループである。

短期優占種　枝角類は短期間に多数個体が出現し優占する傾向を示した。なお，橈脚類の中にも沿岸，内湾性種に短期間に増大し，優占する特性がみられた。

Oithona brevicornis（Fig. 8）は，10月の豊後高田沿岸域に最大数の48,973個体が出現した。大村湾には7月に46,300個体（伊藤・飯塚　1979），福岡湾には14万個体（古賀ほか　1974）が出現した。広島湾の太田川河口域には近縁種の *Oithona aruensis*（遠・今林　1984）が9月に45万個体出現しており，本種は塩分及び透明度の低い水域に多数出現する傾向を示した。ただし，福岡湾及び大村湾では周防灘と異なり長期間多数の個体が出現している。

Parvocalanus crassirostris（Fig. 7）は西部水域に多く，10月の9,752個体が最大数であった。本種も *O. brevicornis* と同様に低塩分及び低透明度の水域に分布する傾向を示した。大村湾では7月の28,200個体が最大数であり（伊藤・飯塚　1979），*O. brevicornis* と同様に長期出現していた。

Penilia avirostris（Fig. 12）は，7月，小郡沿岸域に最大20,724個体が出現した。備後灘でも7月に多く，最大数は25,000個体（遠部　1968），伊勢湾では夏～秋季に多く，最大数は34,640個体（SEKIGUCHI　1975）で，夏季の増大種である。福岡湾でも8月に多いが，最大数は1,800個体であり（古賀　1980）瀬戸内海より少なかった。

Podon polyphemoides（Fig. 13-(1)）は，5月，苅田沖に最大29,900個体出現したが，他の季節にはほとんど出現しなかった。けれども，本種は，米国大西洋岸のチェサピーク湾には6月に最大数の60,560個体，12月にも19,620個体が出現しており（BOSCH and TAYLOR 1973）春～夏季及び秋～冬季に増殖することが考えられる。

Evadne tergestina (Fig. 13-(2)) は，5月，苅田沖に最大1,066個体出現したが，備後灘では9月に多く，最大数は26,430個体 (ONBE 1978)，伊勢湾では7～8月に多く，最大数は13,600個体 (SEKIGUCHI 1978) であり，周防灘と異なる出現傾向がみられた。

Doliolum denticulata (Fig. 15) は，5月に最大数の7,298個体が出現したが，7月にはほとんど出現しなかった。備後灘に面した向島沿岸域に多数の *Salpa fusiformis* (1949年6月) 及び *Doliolum gegenbauri tritonis* (1949年12月) が出現し，まもなく消失している (KADO 1954)。このことからみて *D. denticulata* の周防灘での7月の減少は，豪雨による塩分低下の影響が考えられるが，多数個体が突然に出現し，消失するこの類の生態によることも考えられる。

ii) 分布特性

神戸海洋気象台海洋課 (1985) の報告によると周防灘は豊後水道外洋系水，灘固有混合水，山口県沿岸水，福岡・大分県側沿岸水，更に，関門海峡外洋系水の5水塊に区分されている。動物プランクトンの種組成による海域区分もそれと類似の傾向を示した。けれども，関門海峡外洋系水を含む北西部沿岸水には富栄養，内湾性種が多く，この水域を富栄養水域とした。更に，山口県沿岸水と福岡・大分県沿岸水に区分された水域の出現種の特性は類似しており，両者を単に沿岸水域とした。このように水塊の性質からは5水塊に区分された周防灘を動物プランクトンの出現特性から外洋水，灘固有混合水，沿岸水，富栄養水の4水域に区分した (Fig. 16)。



Fig. 16. Schematic partitioning of Suō-nada by zooplankton compositions.
I : Off shore water zone
II : Characteristic mixed water zone
III : Coastal water zone
IV : Eutrophic water zone.

すなわち，I—水域では *Calanus sinicus*, *Doliolum denticulata*, *Oithona similis*, II—水域では *Microsetella norvegica*, *Oncaea media*, III—水域では *Oithona brevicornis*, IV—水域では *Paracalanus parvus*, *Parvocalanus crassirostris*, *Podon polyphemoides*, *Evadne tergestina* などが代表的指標種である。これらの種以外に生息域の区分の不明確な種がみられたことは，生態的区分のほかに，調査点間の標本採集の時間差と潮流の影響も考えられる。

以上のことから周防灘の動物プランクトン個体数では大阪湾 (城・宇野 1983) より多く，三河湾 (門田他 1981) に近いが，種組成ではやや異なっていた。出現した種類は HIROTA (1961, 1962, 1964, 1968a, b, 1969) に類似していた。ただし，*Dolioum denticulata* が多く，*Acartia omorii* 及び外洋性の橈脚類が少ないことなどの種組成に周防灘動物プランクトンの特性がみられた。

3. 現 存 量

現存量調査のためのネット採集試料には動物プランクトン以外に植物プランクトン及び混雑物が多数存在する。この中から数 μg の小さな動物プランクトンのすべてを選別し，重量及び炭素

量を測定することは困難である。幸いにプランクトンの体長と体重，化学組成との関係が中井（1942），CURL（1962），BEERS（1966），OMORI（1969），HIROTA（1977），SHIGA（1976），DURBIN and DURBIN（1978），MADIN et al（1981），LE BORGNE（1982），弘田（1981，1985）などによって研究されており，体長から現存量を求めることが可能である。この方法の試料処理は個体数と体長の測定からなり，多量の試料が比較的に少ない労力と時間で処理でき，しかも，小さくて計量の困難な動物プランクトンの体重及び炭素量を容易に求められる実際的な手法である。本研究では主として HIROTA（1977），弘田（1981，1985）による瀬戸内海プランクトンの測定値に基づき，動物プランクトンの種別に測定した体長（尾虫類では軀幹長）及び個体数から，乾重量及び炭素量を算出し，現存量を求めた。

周防灘動物プランクトンの乾重量としての現存量・m^{-2} は，1月には4,128.2mg（1,022.5mg-C）であり，その58%の2,386.5mg（228.1mg-C）はタリア類の *Doliolum denticulata*，40%の1,644.3mg（751.4 mg-C）は橈脚類であった。5月には21,504.8mg(2,626.4mg-C）であり，*D. denticulata* はその大部分の93%の 19,919.2mg（1,904.3mg-C）を占め，橈脚類は6%の1,368.5mg（625.4mg-C）に過ぎなかった。7月には905.4mg（408.2mg-C）であり，*D. denticulata* の減少のため他季節のそれより少なく，74%の666.7mg（304.7mg-C）を橈脚類，14%の127.9mg（53.5mg-C）を矢虫類が占めた。10月には9,506.2mg（1,866.1mg-C）であり，この中の72%の6,840.5mg（654.0mg-C）は再び増加した *D. denticulata* で，24%の2,314.9mg（1,057.9mg-C）は橈脚類であった。

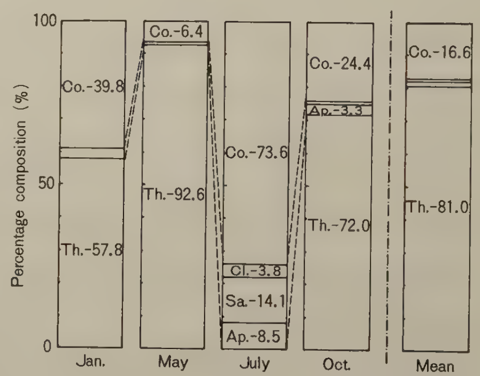


Fig. 17. Seasonal changes of composition of major organisms in Suō-nada zooplankton biomass.
Co.: Copepoda; Cl.: Cladocera; Sa.: Sagittidea; Th.: Thaliacea.; Ap.: Appendicularia

このように周防灘の動物プランクトン現存量は，5月に最も多く，7月に最も少なかった。年

Table 2. Netzooplankton biomass ($mg \cdot m^{-2}$) and carbon value ($mg\text{-}C \cdot m^{-2}$) estimated through the length/weight and number of individual technique.

	Jan. 24–25 (9.21°C)		May 27–28 (17.69°C)		July 15–17 (22.21°C)		Oct. 13–15 (22.11°C)		mean	
	dry wt	mg–C	dry wt	mg–C	dry wt	mg–C	dry wt	mg–C	dry wt	mg–C
Copepoda	1644.3	751.4	1368.5	625.4	666.7	304.7	2314.9	1057.9	1498.6	684.9
Cladocera	0.013	0.006	29.2	13.9	34.2	16.2	0.6	0.3	16.0	7.6
Sagittidea	5.1	2.1	9.4	3.9	127.9	53.5	35.7	14.9	44.5	18.6
Appendicularia	92.5	40.9	178.5	78.5	76.6	33.8	314.5	139.0	165.5	73.2
Thaliacea	2386.5	228.1	19919.2	1904.3	0.0	0.0	6840.5	654.0	7286.6	696.6
Total	4128.4	1022.5	21504.8	2626.0	905.4	408.2	9506.2	1866.1	9011.2	1480.7

平均現存量は9,011.2mg（1,480.9mg-C）・m^{-2}，または380.2mg（62.5mg-C）・m^{-3}であり，この中の81％の7,286.6mg（696.6mg-C）が *D. denticulata*，17％の1,498.6mg（684.9mg-C）が橈脚類であった。*D. denticulata* は，個体数では橈脚類に劣ったが，現存量では灘における重要な種であった（Fig.17, Table 2）。

次に，周防灘の現存量と他水域の動物プランクトン現存量とを比較検討した（Table 3）。もちろん，これらには採集時期，方法，水深などの差が含まれている。

瀬戸内海中央部の備後—燧灘の現存量（*Noctiluca* を除く）は1,617.2～3,868.4mg・m^{-2}，平均2,927.0mg・m^{-2}であり，この中の55～72％（1,216.1～2,452.9mg・m^{-2}），平均63％（1,830.7mg・m^{-2}）は橈脚類であった（弘田　1977）。この現存量は周防灘のものの約⅓であり，燧灘のみの現存量は188mg-C・m^{-2}（科学技術庁資源調査所　1980）と評価され，周防灘の現存量の⅛であった。平均水深を27.5mとして城・宇野（1983）から求めた大阪湾の現存量（*Noctiluca* を除く）は1,174.0～3,209.5mg・m^{-2}，平均1,296.3mg・m^{-2}であり，この中で橈脚類は21～58％（612.4～715.3mg・m^{-2}），平均33％（671.0mg・m^{-2}）であった。この現存量は周防灘のものの1/7である。なお，周防灘の橈脚類現存量は備後—燧灘のそれと同様であり，その最大値は大阪湾のそれの約2倍である。三河湾の橈脚類現存量は，190.66～1,728.66mg・m^{-2}（85.8～777.9mg-C）平均596.8mg（268.6mg-C）・m^{-2}であり（門田・広海　1983），周防灘のそれより少ない。

外洋域の現存量は，北海道海域では590mg-C・m^{-2}，三陸沖海域では259～1,869mg-C・m^{-2}，伊豆沖海域では419～738mg-C・m^{-2}，東シナ海では339～1,134mg-C・m^{-2}，日本海では625mg-C・m^{-2}（科学技術庁資源調査所　1980）であり，太平洋西部の黒潮流域の動物プランクトン現存量

Table 3. Zooplankton biomass measured in different localities.

region	range	mean	references
Seto-Inland Sea			
Suō-nada	905.4～21,504.8mg・m^{-2}	9,011.2mg・m^{-2}	This study
	(408.2～2,626.4mg-C・m^{-2}	1,480.7mg-C・m^{-2})	
Bingo～Hiuchi-nada	3,214.3～5,379.9mg・m^{-2}	2,927.0mg・m^{-2}	Hirota (1977)
Hiuchinada	188mg-C・m^{-2}		Kagakugijutsuchou, Shigen-chousasho (1980)
Osaka Bay	45.8～123.11mg-C・m^{-3}	75.9mg・m^{-3}	Joh and Uno (1983)
Mikawa Bay: Copepoda	190.7～1,728.7mg・m^{-2}	596.8mg・m^{-2}	Kado and Hiromi (1983)
	(85.8～777.9mg-C・m^{-2}	268.6mg-C・m^{-2})	
estuaries near Beaufort	3.3～28.7mg-C・m^{-2}	11.5mg-C・m^{-2}	Williams et al (1968)
off south Hokkaido	589mg-C・m^{-2}		Kagakugijutsuchou,
off Sanriku	259～1,869mg-C・m^{-2}		Shigen-chousasho (1980)
off Izu	419～738mg-C・m^{-2}		〃
Japan Sea	625mg-C・m^{-2}		〃
Eastern China Sea	339～1,134mg-C・m^{-2}		〃
off west Kyushu	1,134g-C・m^{-2}		〃
Kuroshio and adjacent seas	100～500mg・m^{-3}		Ikeda and Motoda (1978)
off La Jolla	390～6,173mg-C・m^{-2}	1,816.3mg-C・m^{-2}	Mullin and Brooks (1970b)
various areas	0.65～9.76g-C・m^{-2}		Cushing (1971)

は100～500mg・m^{-3}（IKEDA and MOTODA 1978）である。これらに比較し，周防灘の現存量は，905.4～21,504.8mg-C・m^{-2}（38.0～907.2mg-C・m^{-3}），平均9,011.2mg-C・m^{-2}（380.2mg-C・m^{-3}）であり，日本周辺の高い現存量域に相当していた。

炭素量でみた周防灘現存量の408.2～2,626.4mg-C・m^{-2}、平均1,480.9mg-C・m^{-2}は，米国のビューホート沿岸域の動物プランクトン現存量の3.3～28.7mg-C・m^{-2}，平均11.5mg-C・m^{-2}（WILLIAMS et al 1968）よりはるかに多く，外洋域の南カリフォルニア沖の現存量，390～6,173 mg-C・m^{-2}，平均1,816.3mg-C・m^{-2}（MULLIN and BROOKS 1970b），及びCUSHING（1971）による各地の水域の現存量，0.65g-C・m^{-2}（セイロン，インド洋）～9.76g-C・m^{-2}（ベンゲラ沿岸，アフリカ南西部）にほぼ相当していた。

周防灘の動物プランクトン現存量と植物プランクトンのそれとの関係をみると，植物プランクトン量が0.1～1.84g-C・m^{-2}、平均0.89g-C・m^{-2}（山口・安楽　1984）であり，動物プランクトン量（408.2～2,626.4mg-C・m^{-2}，平均1,480.9mg-C・m^{-2}）よりやや少なかった。このような現象は南カリフォルニヤ沖でもみられ（MULLIN and BROOKS 1970b），周防灘だけの特異な現象ではない。植物プランクトン現存量は，動物プランクトンの捕食作用の影響を大きく受けると思われるので，スクリップスの研究者はその実際の現存量を測定値の約4倍ではないかと考えている。動物プランクトン現存量についても，実際には増殖しながら一方で捕食されて減少している現存量を調査したことになる。けれども，このような複雑な仕組は，生態モデルを用いた詳細な検討を必要とするので本研究では触れなかった。

4. 生 産 量

動物プランクトンの生産量評価法には、等間隔採集標本（HEINLE 1966），採集動物の一定時間の恒温飼育（KIMMERER 1983），等間隔採集物中の発育段階標本の成長，摂餌及び成長率（MULLIN and BROOKS 1970a, TAGUCHI and ISHII 1974, GAUDY 1975, WILLIAMS and LINDLEY 1980, DURBIN and DURBIN 1981, LE BORGNE 1982, UYE et al 1983），呼吸代謝（IKEDA and MOTODA 1978）などによる現存量及び日間生産量からの評価法がある。更に，動物の寿命及び年間世代数（CUSHING 1971, BANSE and MOSHER 1980, 科学技術庁資源調査所 1980），成体のエネルギー代謝量（TREMBLAY and ROFF 1983）などによる現存量及び回転効率からの生産量評価などがある。この中の科学技術庁資源調査所（1980）が日本周辺水域の生産力を既往のデータに基づいてまとめて解析した方法は，東北大学西沢教授の提唱によるもので，種の平均寿命（回転期間），年間世代数（回転効率），及び年平均現存量から生産力を評価するものである。単一種の個体群生態を扱ったもので、NEESS and DUGDALE（1959），WATER（1969），ALLEN（1971）などの現存量及び回転効率（年間世代数）による生産量評価法がある。これはコホート（同一発生群）の生涯生産量（生残一成長関係曲線（アレン曲線）内の積分値）と平均現存量との関係，すなわち，回転率の研究による生産量の簡易評価法である。けれども，このアレン曲線による方法では多回産卵の多数の種から構成される動物プランクトンについて生涯を通して生産量を把握することは不可能に近い。多回産卵の単一個体群については生命表分析法によって世代時間，成長率な

どを評価することができるが，多数の種が混在する場合は複雑になり，生活史の不明な種については分析できない。

生産量の推定：　本研究では年間世代法及び呼吸代謝法で推定を行った。最初に、CUSHING（1971）及び科学技術庁資源調査所（1980）の報告に基づき年間世代数を年間の回転数とし，これに年平均現存量を乗じて生産量を推定した。

動物プランクトンでは寿命及び年間世代数の明らかにされた種が甚だ少なく，比較的よく研究されているのは橈脚類である。例えば，*Paracalanus parvus* などの1～4世代（弘田　1985），*Acartia longiremis*, *Acartia clausi* などの4～7世代（EVANS 1977），*Microcalanus pygmaeus*, *Centropages hamatus* などの3～8世代（MCLAREN 1978, MARSHALL 1949），*Pseudodiaptomus marinus* の4世代（UYE et al 1983）などのように数種の年間世代数が報告されている。けれども，*Calanus finmarchicus* には3（MCLAREN 1978），4（MARSHALL et al 1934, MARSHALL 1949, MARSHALL and ORR 1955），及び8（MULLIN and BROOKS 1967）の異なった世代数が報告され，*Acartia clausi* では3（弘田 1980），5（MCLAREN 1978），7（EVANS 1977），2～7（上田　1978）世代などが報告されている。このように，橈脚類の世代数は同一種についてみても生息地の水温，餌などの環境条件によって変化することが知られている。橈脚類以外の種についてみると，海産枝角類には少なくとも年2世代(BOSCH and TAYLOR 1973, ONBE 1978)，矢虫類には4（村上　1959，永沢・丸茂　1978）及び2（DUNBER 1962），尾虫類には4（HIROTA 1980）世代があるとみられる。以上のこと及び CUSHING（1971）が使用した世代数が2.96～9.67，平均4.58であることなどから，本研究では動物プランクトンの年間世代数（年回転数）を4と仮定した。このことは周防灘における動物プランクトンの平均寿命（回転期間）を約90日（3か月)と仮定したことにある。

現存量とその仮定の年間回転数（仮定年間世代数）から推定した周防灘の動物プランクトン生産量では，日間生産量（dP）が16.2mg-C・m^{-2}・d^{-1}（0.7mg-C・m^{-3}・d^{-1}），年間生産量（aP）が5,923.6mg-C・m^{-2}・Yr^{-1}（249.9mg-C・m^{-3}・Yr^{-1}）である。これから，灘全体の動物プランクトンによる生産量（炭素量）は年間1.8万トンとみられる。

一方，比較のため呼吸代謝法（IKEDA and MOTODA 1978）によって生産量を試算した。その結果によると，日間生産量が266.58mg-C・m^{-2}・d^{-1}（11.2mg-C・m^{-3}・d^{-1}），年間生産量が

Table 4. Netzooplankton production (mg-C・m^{-2}・Yr^{-1}) in Suō-nada.
1): after CUSHING(1971); 2): after IKEDA and MOTODA(1978).

	generation method[1)]	respiration method[2)]
Copepoda	2,739.4 (46.3%)	45,640.0 (46.9%)
Cladocera	30.4 (0.5%)	423.87 (0.5%)
Sagittidea	74.4 (1.3%)	1,055.36 (1.1%)
Appendicularia	292.2 (4.9%)	3,252.59 (3.3%)
Thaliacea	2,786.4 (47.0%)	46,928.96 (48.2%)
Total	5,922.8 (100.0%)	97,300.82 (100.0%)

97,300.82mg-C・m^{-2}・Yr^{-1}（4,105.52mg-C・m^{-3}・Yt^{-1}）であり，灘全体の年間生産量（炭素量）は30.16万トンとなった。

次に，周防灘の生産量について仮定世代法及び（　）内に示した呼吸代謝法による各種の値を比較検討した（Table 4）。

灘の総生産量中の主なグループの構成比率についてみると，タリア類は47%，8,638トン（48%，145,480トン）橈脚類は46%，8,493トン（47%，141,484トン），尾虫類は5%，908トン（3%，10,083トン），矢虫類は1.3%，231トン（1.1%，3,272トン），枝脚類は0.5%，94トン（0.5%，1,314トン）であった。この構成種の出現率には推定方法の相違による差が認められず，タリア類及び橈脚類が生産量の中の大部分を構成していた。

現存量（B）と日間及び年間生産量（dP及びaP）と各種の関係についてみると，日間回転率（dP : B, daily turnover rate）は1.1%（18.0%），回転期間（平均寿命）（B : dP, turnover time）は91.26日（5.55日），年間回転効率（aP :B, annual turnover ratio）は4.0（65.71）である。更に，基礎生産量（PP）に対する動物プランクトン生産量（ZP）の割合，すなわち，転送効率（ZP : PP, transfer efficiency）または，生態効率（ecological efficiency）についてみると，周防灘の平均的基礎生産量が380mg-C・m^{-2}・d^{-1}（山口・安楽　1984）であることからその効率は4.3%（70.2%）になる。

以上のように呼吸代謝法によって求めた生産量及び各種の効率は仮定世代法（回転効率4）の約16倍であった。

他水域の生産量との比較：　黒潮流域の生産量は10～60mg-C・m^{-2}・d^{-1}であり（Ikeda and Motoda 1978），Cushing（1971）の表から推定した各水域の年間生産量は1.9～45.1g-C・m^{-2}・Yr^{-1}であった。これらと比較した時，周防灘の仮定世代法による生産量は，低生産水域に相当するが，科学技術庁資源調査所（1980）による黒潮流域の生産量0.5～2.8g-C・m^{-2}・Yr^{-1}との比較ではその2～10倍であった。けれども，高い生産力を示す水域，例えば，*Noctiluca* を除く大阪湾の生産量の2.2～12.3mg-C・m^{-3}・d^{-1}，平均6.5mg-C・m^{-3}・d^{-1}（城・宇野　1983），及び地中海の生産量の1.14～3.74mg-C・m^{-3}・d^{-1}（Gaudy 1976）との比較では，これらの⅓～⅒であった。一方，呼吸代謝法で推定した周防灘の生産量（11.2mg-C・m^{-3}・d^{-1}）はそれらの2～3倍であった。

二つの方法で得られた日間回転率（dP : B），回転期間（B : dP）及び年間回転効率（aP : B）についてみると，周防灘では現存量の1%（18%）が毎日生産され，それは回転期間（寿命）の91.3日（5.6日）間に現存量に等しい生産量になり，現存量は年間4回（65.7回）回転することになる。仮定世代法による日間回転率の1%はCushing（1971）による各水域の日間回転率0.7～1.9%に相当し，呼吸代謝法による高い日間回転率の18%は地中海の日間回転率11～18%など（Gaudy 1976）に相当した。けれども，周防灘におけるこれらの推定値はチェサピーク湾の40%（Heinle 1966），南東大西洋の35%（Le Borgne 1982），大阪湾の28%（城・宇野　1983）などの高い日間回転率には及ばなかった。

転送効率（ZP : PP）についてみると，周防灘の仮定世代法（回転効率4）から得られた転送

効率の4.3%は，南カリフォルニア沖の橈脚類の6.9及び3.3%（MULLIN and BROOKS 1970b），大阪湾の動物プランクトンの8.4%（城・宇野 1983），各地の沿岸域における橈脚類の1～8%（上 1984）などに相当した。一方，呼吸代謝法から得た周防灘の転送効率は，70.2%であり，仮定世代法及び他水域の効率より甚だしく高かった。CUSHING（1971）によれば転送効率は，3～30%の範囲にあって，基礎生産の増大に伴った低下の傾向を示す。このことから周防灘の転送効率は，低い基礎生産のために高くなることが考えられるが，CUSHING の効率の範囲をはるかに超えていた。更に，同一の呼吸代謝法から導いた城・宇野（1983）及び上（1984）の転送効率に比較してもかなり高い価であった。

このように，動物プランクトンの生産量は用いる手法によって当然のことながらかなり変動する。今後は，適正な回転期間（寿命），回転効率など，手法の内容や係数を改良して，精度を向上させることが必要と思われる。

摘　　要

半閉鎖的水域の周防灘で，動物プランクトンについて出現生態の把握，生産量の評価を行った。1982年の四季にプランクトンネットの海底からの垂直揚網によって採集し，計測した種別の個体数及び体長から現存量，更に，炭素量を求め，生産量を推定した。

一般環境：　表層水温は，1月には灘西～南部の浅海域で低く，7℃，東部水域では10～11℃，5月には東部水域で17～19℃，西～南部水域で20～22℃，7月には東部水域で21～23℃，西部水域で23～25℃，10月には灘中央部で22℃，東部及び西部で22.5℃であった。表層の塩分は，一般に32～34‰であったが，7月の豪雨後の北部沿岸域では9.58‰まで低下した。透明度は，沿岸域では常に2mが観測された。けれども，7月の東部笠戸島沖では最高の16mが観測された。

主要種の分布及び季節変化（個体数・m^{-3}）：橈脚類の *Paracalanus parvus* は灘の周辺部に多く，コペポディド期を含む総数は7月の南部水域で最高の66,045個体であった。*Oithona brevicornis* は10月の南部沿岸域に多く，最高48,973個体であった。*Oithona similis* は，中央部に多く，5月の1,750個体が最高であった。*Microsetella norvegica* は，10月に最高の31,476個体であり，沿岸及び沖合の中間水域に多かった。枝角類の *Penilia avirostris* は，夏～秋季に出現し，最高が北部沿岸域の20,724個体であった。矢虫類の *Sagitta crassa naikaiensis* は夏～秋季の西部水域に多く，最高が1,782個体であった。尾虫類の *Oikopleura dioika* も西部水域に多く，10月の6,630個体が最高であった。タリア類の *Doliolum denticulata* は西部水域には出現せず，灘中央に多く，5月に最高の7,298個体であった。

現存量及び生産量：　周防灘における動物プランクトンの現存量・m^{-2} は，1月には 4.1 g（1.0 g-C）であり，この中の58%が *Doliolum denticulata*, 40%が橈脚類であった。5月には21.5 g（2.6g-C）であり，この中の93%が *D. denticulata* であった。7月には0.9g（0.4g-C）であり，*D. denticulata* は減少し，74%が橈脚類，14%が矢虫類であった。この現存量は他の季節より少なかった。10月には 9.5 g（1.9 g-C）であり，72%が *D. denticulata* 24%が橈脚類で

あった。年平均現存量は9.0g（1.5g-C）であり，81%が *D. denticulata*，17%が橈脚類であった（Fig. 2）。

年間回転効率を4にして推定した日間生産量は16.2mg-C・m^{-2}・d^{-1}，年間生産量は5.9g-C・m^{-2}・Yr^{-1}，灘総生産量（炭素量）は年間1.8万トン，転送効率は4.3%であった。これらは，呼吸代謝法による周防灘の生産量（97.3g-C・m^{-2}・Yr^{-1}，30.2万トン）及び転送効率（70.2%），更に，他水域の生産量と比較した時，低い値であり，より適正な回転効率による評価が必要である。

引　用　文　献

Allen, K. R., 1971. Relation between production and biomass. J. Fish. Res. Bd. Can., 28, 1573–1581.

Banse, K. and S. Mosher, 1980. Adult body mass annual production/biomass relationships of field populations. Ecol. Monogr., **50**(3), 355–379.

Beers, I. R., 1966. Studies on the chemical composition of the major zooplankton groups in the Sargasso Sea off Bermuda. Limnol. Oceanogr., **11**(4), 520–528.

Bosch, H. F. and W. R. Taylor, 1973. Distribution of the Cladoceran *Podon polyphemoides* in the Chesapeake Bay. Mar. Biol., **19**, 161–171.

Curl, H. Jr., 1962. Analysis of carbon in marine plankton organisms. J. Mar. Res., **20**(3), 181–188.

Cushing, D. H., 1971. Upwelling and the production of fish. Adv. Mar. Biol., **9**, 255–334.

Dunber, M. J., 1962. The life cycle of *Sagitta elegans* in Arctic and Subarctic seas, and the modifying effects of hydrographic differences in the environment. J. Mar. Res., **20**(1), 76–91.

Durbin, E. G. and A. G. Durbin, 1978. Length and weight relationships of *Acartia clausi* from Narragansett Bay, R. I.. Limnol. Oceanogr., **23**(5), 958–969.

Durbin, E. G. and A. G. Durbin, 1981. Standing stock and estimated production rates of phytoplankton and zooplankton in Narragansett Bay, Rhode Island. Estuaries, **4**(1), 24–41.

Evans, F., 1977. Seasonal density and production estimates of the commoner planktonic copepods of Northumberland coastal waters. Estuar. Coast. Mar. Sci., **5**, 223–241.

Gaudy, P. R., 1976. Etude de plankton de la zone nord de la rade Villefranche-sur-Mer a la fin de printemps (17 Mai 71 an 16 Juin 71). III. Production secondaire des copepodes pelagiques. Vie Milieu, ser. B, **26**(1), 77–106.

Heinle, D. R., 1966. Production of a calanoid copepod, *Acartia tonsa*, in the Patuxent river estuary. Ches. Sci., **7**(2), 59–74.

弘田礼一郎，1959. *Sagitta crassa* の形態について，日本海洋学会誌，**15**(4)，191—202.

Hirota, R., 1961. Zooplankton investigations in the Bingo-nada region of the Setonaikai (Inland Sea of Japan). J. Sci. Hiroshima Univ., ser. B, Div. 1, **20**, 83–145.

Hirota, R., 1962. Species composition and seasonal changes of copepod fauna in the vicinity of Mukaishima. Jour. Oceanogr. Soc. Japan, **18**(1), 35–40.

Hirota, R., 1964. Zooplankton investigations in Hiuchi-nada in the Setonaikai (Inland Sea of Japan), I. The seasonal occurrence of copepods at the three stations in Hiuchi-nada. Jour. Oceanogr. Soc. Japan, **20**(1), 24–31.

HIROTA. R., 1968a. Zooplankton investigations in the Setonaikai (Inland Sea of Japan), I. Occurrence of zooplankton in the western half of the Setonaikai in June, 1963. Jour. Oceanogr. Soc. Japan, **24**(5), 203–211.

HIROTA, R., 1968b. Zooplankton investigations in the Setonaikai (Inland Sea of Japan), II. Occurrence of zooplankton in the eastern half of the Setonaikai in September, 1963. Jour. Oceanogr. Soc. Japan, **24**(5), 212–219.

HIROTA, R., 1969. Zooplankton investigations in the Setonaikai (Inland Sea of Japan), III. Occurrence of zooplankton in the sea regions from Iyo-nada in the winter of 1964. Jour. Oceanogr. Soc. Japan, **25**(3), 19–26.

HIROTA, R., 1977. Zooplankton. pp. 299–308, in "JIBP SYNTHESIS 1977. Tokyo Vol. 14, Productivity of biocenoses in costal region of Japan" (ed. K. HOGETSU et al), Univ. Tokyo Press, Tokyo.

弘田礼一郎，1981. 瀬戸内海における重要動物プランクトンの乾燥重量と化学組成．日本プランクトン学会報，**28**(1)，19—24.

弘田礼一郎，1985. 動物プランクトンの体長／体重関係，炭素量，ライフスパン．"海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究（第Ⅰ期）成績報告書"（科学技術庁研究調整局）: pp. 243—250.

IKEDA, I. and S. MOTODA, 1978. Estimated zooplankton production and their ammonia excretion in the Kuroshio and adjacent seas. Fish. Bull., **76**(2), 357–367.

伊藤栄樹・飯塚昭二，1979. 大村湾における動物プランクトンに関する研究—Ⅰ．橈脚類の季節的出現．長崎大学研報，45，5—14.

城　久・宇野史郎，1983. 大阪湾における動物プランクトンの現存量とそれから見積られる生産量．日本プランクトン学会報，**30**(1)，41—51.

KADO, Y., 1954. The seasonal change of plankton and hydrography of the neighbouring sea of Mukaishima. J. Sci. Hiroshima Univ. ser. B, Div. 1, **15**(6), 193–204.

KADO, Y.,1957. The seasonal change of the chaetognath and pelagic copepod fauna of Hiroshima Bay in the Inland Sea of Japan, with special references to the appearance of oceanic species. J. Sci. Hiroshima Univ. ser. B, Div. 1, **17**(9), 121–129.

KADO, Y. and R. HIROTA, 1957. Furhter studies on the seasonal variation of *Sagitta crassa*. J. Sci. Hiroshima Univ. ser. B, Div. 1, **17**(10), 131–136.

門田定美・広海十郎・愛知水試，1981. 内湾での動物プランクトンの月別現存量・生産量の把握．pp. 95—98. "内湾底泥をめぐる物質収支の動態解明に関する研究．昭和55年度研究成績報告書"（東海水研他）.

門田定美・広海十郎，1983. 動物プランクトン．pp. 112—121. "内湾底泥をめぐる物質収支の動態解明に関する研究　五年間の研究成果"（東海水研他）.

科学技術庁資源調査所，1980. 海洋生物の生産力に関する調査（資料第81号資源調査会編），(11)＋289 pp.，科学技術庁資源調査所，東京.

KIMMERER, W. J., 1983. Direct measurement of the production: biomass ratio of subtropical calanoid copepod *Acrocalanus inermis*. J. Plankton Res., **5**(1), 1–4.

古賀文洋・渡辺一民・大隈　迪，1974. 魚類の初期餌料としての動物プランクトンの大量培養の研究—Ⅰ. Copepoda の出現生態．昭和47年度福水試研報，pp. 104—115.

古賀文洋，1980. 魚類の初期餌料としての動物プランクトンの探索と培養研究—Ⅶ．海産枝角の出現生態について．昭和53年度福水試研報，pp. 153—157.

神戸海洋気象台海洋課，1985. 周防灘の海況—1982～1983年度特殊観測結果．神戸海洋気象台彙報，204，23—37.

LE BORGNE, B., 1982. Zooplankton production in the eastern tropical Atlantic Ocean: net growth efficiency and P:B in terms of carbon, nitrogen, and phosphorous. Limnol. Oceanogr., **27**(4), 681–698.

MADIN, L. P., C. M. CETTA and V. L. MCALISTER, 1981. Elemental and biochemical composition of salps (Tunicata: Thaliacea). Mar. Biol., **63**, 217–226.

MARSHALL, S. M., A. G. NICHOLLS and A. P. ORR, 1934. On the biology of *Calanus finmarchicus* V: Seasonal distribution, size, weight and chemical composition in Loch Striven 1933 and their relation to the phytoplankton. J. Mar. Biol. Assoc., U. K., **19**, 793–828.

MARSHALL, S. M., 1949. On the biology of the small copepods in Loch Striven. J. Mar. Biol. Assoc., U. K., **28**, 45–122.

MARSHALL, S. M. and A. P. ORR, 1955. The biology of a marine copepod. pp. vii +188. OLIVER & BOYD, Edinburg.

McLAREN, I. A., 1978. Generation lengths of some temperature marine copepods: Estimation, prediction, and implications. J. Fish. Res. Board Can., **35**, 1330–1342.

MULLIN, M. M. and E. R. BROOKS, 1967. Laboratory culture, growth rate, and feeding behaviour of a planktonic marine copepod. Limnol. Oceanogr., **12**(4), 657–666.

MULLIN, M. M. and E. R. BROOKS, 1970a. Growth and metabolism of two planktonic marine copepods as influenced by temperature and type of food. pp. 74–95. in "Marine food chain" (ed. J. H. STEELE), OLIVER & BOYD, Edinburg.

MULLIN, M. M. and E. R. BROOKS, 1970b. The ecology of the plankton off La Jolla, California, in the period April through September, 1967 (ed. J. D. H. STRICKLAND) Part VII Production of the planktonic copepod, *Calanus helgolandicus*. Bull. Scripps Inst. Oceanogr., **17**, 89–109.

村上彰男，1958. 内湾・内海に於ける浮遊性毛顎類の出現（Ⅰ）　東京湾及び瀬戸内海中西部海域における出現状況．内海水研報，11，357—384.

村上彰男，1959. 瀬戸内海産浮遊性毛顎類に関する海洋生物学的研究．内水研報，12，1—186.

永沢祥子・丸茂隆三，1978. 駿河湾における *Sagitta nagae* ALVARIÑO の生殖と生活史．日本プランクトン学会報，**25**(1)，67—84.

中井甚二郎，1942. 重要海産プランクトン10種の化学成分，容積，重量及び大さ．日本海洋学会誌，**1**，45—55.

NEESS, J. and R. C. DUGDALE, 1959. Computation of production for populations of aquatic midge larvae. Ecology, **40**(3), 425–430.

OMORI, M., 1969. Weight and chemical composition of some important oceanic zooplankton in the North Pacific Ocean. Mar. Biol., **3**, 4–10.

遠部　卓，1968. 海産枝角類に関する研究—Ⅰ．*Penilia* の生態について．広大水畜産学部紀要，**7**(2)，269—279.

ONBE, S., 1978. Gamogenetic forms *Evadne tergestina* CLAUS (Branchipoda, Cladocera) of the Inland Sea of Japan. J. Fish. Anim. Husb. **17**, 43–52.

遠部　卓，1984. 動物プランクトン．"瀬戸内海の環境評価のための総括的研究"（昭和59年度科研費　特別研究「環境科学」）（小坂ほか編）：pp. 146—156.

遠部　卓・今林博道，1984. 太田川放水路における動物プランクトンと環境．"環境科学研究報告書". B204—R01—2，pp. 77—85.

SEKIGUCHI, H., 1978. Biology of cladocerans and copepods in Ise Bay, central Japan-I. Seasonal cycles of the dominant species. Bull. Fac. Fish., Mie Univ., **5**, 13–23.

SHIGA, N., 1976. Maturity stages and relative growth of *Oikopleura labradoriensis* LOHMANN (Tunicata, Appendicularia). Bull. Plankton Soc. Japan, **23**(2), 81–95.

TAGUCHI, S. and H. ISHII, 1974. Shipboard experiments on respiration, excretion, and grasping of *Calanus cristatus* and *C. plumchrus* (Copepoda) in the northern North Pacific. Res. Inst. North Pacific Fish., Fac. Fish. Hokkaido Univ., Collected Reprints, 1970–1973, **3**, 419–431.

TREMBLAY, M. J. and J. C. ROFF, 1983. Production estimates for Scotian shelf copepods based on

mass specific P/B ratios. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **40**, 749–753.

Uye, S., Y. Iwai and S. Kasahara, 1983. Growth and production of the inshore marine copepod *Pseudodiaptomus marinus* in the central part of the Inland Sea of Japan. Mar. Biol., **73**, 91–98.

上 真一，1984. 内湾性かいあし類の個体群動態と生産に関する研究．日本海洋学会誌，**40**(2)，163—174.

上田拓史，1978. 内湾性かいあし類の世代解析—特に *Acartia clausi* について．日本プランクトン学会報，**25**(1)，55—66.

Waters, T. F., 1969. The turnover ratio in production ecology of fresh water invertebrates. Amer. Natur., **103**(930), 173–185.

Williams, R. B., M. B. Mardoch and L. K. Thomas, 1968. Standing crop and importance of zooplankton in a system of shallow estuaries. Ches. Sci., **19**(1), 42–51.

Williams, R. and J. A. Lindley, 1980. Plankton of the Fladen Ground during Flex 76 III. Vertical distribution, population dynamics and producton of *Calanus finmarchicus* (Crustacea : Copepoda). Mar. Biol., **60** 47–56.

山口峰生・安楽正照，1984. 瀬戸内海西部周防灘における基礎生産について．南西水研報，17，135—149.

Yamazi, I., 1952. Plankton investigation in inlet waters along the coast of Japan V. The plankton of Hiroshima Bay in the Seto-naikai (Inland Sea). Publ. Seto Mar. Biol. Lab., **11**(2), 319–330.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 20, 1986

橈脚類による *Chattonella marina* (Raphidophyceae) の摂食とふん粒の排泄

伊　藤　克　彦・今　井　一　郎

Grazing on *Chattonella marina* and Production of Fecal Pellets by Copepods

Katsuhiko ITOH and Ichiro IMAI

Grazing of copepods on *Chattonella marina*, a Raphidophycean red-tide organism, and production of fecal pellets were measured experimentally at different cell concentrations.

Calanus sinicus, *Centropages yamadai*, *Paracalanus parvus* and *Acartia erythrea* produced fecal pellets, when they fed on *Chattonella*. The grazing rates of *Calanus* increased with the increase of cell concentrations up to an average maximal rate of 380 cells·animal^{-1}·h^{-1}. However, they remained unchanged at higher concentrations above this. The cell concentration when the maximal rate was first achieved, was found at about 200 cells·ml^{-1}.

Filtration rate increased curvilineally to an average maximal rate of 2 ml·animal^{-1}·h^{-1} in company with the diminution of cell concentrations. The rate fluctuated considerably then. The maximal filtration rate was first obtained at the cell concentration of 200 cells·ml^{-1}, which corresponded well to the density when the maximal grazing rate was noticed.

The production rate of fecal pellets indicated nearly the same pattern as the relation between the grazing rate and cell concentration, except that there was difference at the concentration when an average maximal production was first achieved.

The results of this study suggested that the feeding activities of these copepods on *Chattonella* presumably influence the initiation or termination of *Chattonella* red-tide.

わが国の沿岸や内湾水域における赤潮の発生機構については，諸海域でさまざまな分野から研究が行われ，論議が重ねられてきた（飯塚1972、'80，花岡他1972，岩崎1973、'84，遠藤1984，川合・中原1984，岡市・門谷1984，辻田1984)。最近になって，赤潮の発生と消滅に動物プランクトン群による摂食が関与している可能性が指摘されるようになった（根本他1984，田端・本城1984，高山他1984，TSUDA and NEMOTO 1984)。

一方，動物プランクトンとくに橈脚類の摂食に関する研究は，おもに海洋の基礎生産機構の解明を目的に，食性や摂食生態について植物プランクトンの量および質と関連づけて古くから行われてきている（MARSHALL and ORR 1962，安楽1963，MCALLISTER 1970，FROST 1977，SPRINGER and ROSENEAU 1985)。しかし，橈脚類の摂食生態を鞭毛藻赤潮の発生と関連づけた研究は少ない（FIEDLER 1982，HUNTLEY 1982)。

1985年11月20日受理，南西海区水産研究所業績　第179号，〒739-04　広島県佐伯郡大野町

そこで，本研究では，瀬戸内海をはじめわが国の南西部沿岸や内湾域で赤潮を形成し，魚類養殖に重大な被害を与えるラフィド藻の一種 *Chattonella marina* (SUBRAHMANYAN) HARA et CHIHARA（原・千原1982）の橈脚類による摂食量とふん粒排泄量を *Chattonella* の細胞濃度を変えて室内実験で調べ，*Chattonella* 赤潮の発生と消滅に対する橈脚類の摂食作用の大きさを検討した。

本稿について懇篤なご指導とご助言を賜った南西海区水産研究所赤潮部長安楽正照博士に深謝の意を表する。また，標本の採集にご協力いただいた後藤幹夫技官に厚くお礼申し上げる。

方　　　法

試験に供した橈脚類は1982年と'83年の9—12月に広島湾西部水域において動物プランクトン用ネット（網目 GG54）を鉛直びきして採取した。橈脚類は採取後，実験室で種類毎に選別し，沪過海水（GF/C ガラス繊維沪紙による）中に18時間以上保持し，空腹状態にした。橈脚類を保持した水温は18℃であり，採取時の現場水温は22—15℃であった。餌料に使用した *Chattonella marina* は1980年8月に広島湾より分離したもので，SWM-3 培地（CHEN *et al.* 1969）から liver extract と soil extract を除いた培地（今井1981）を用いて温度18℃，14L-10D の明暗周期下で培養した。摂食試験には，*Chattonella* の成長が定常状態に達したものを使用した。

1. *Chattonella marina* を摂食する橈脚類の抽出

組織培養用マルチディッシュ（直径14㎜，深さ16㎜）に *Chattonella* を適量入れ，水量を1.5 ml にした。そこに選別した *Calanus sinicus*, *Centropages yamadai*, *Paracalanus parvus*, *Acartia erythrea*, *Corycaeus* sp., *Oithona* sp. および *Oncaea* sp. を1尾ずつ入れた。約2時間後にそれらの橈脚類が排泄したふん粒の確認と計数を行い，ふん粒の有無から *Chattonella* を摂食する橈脚類を抽出した。

2. *Calanus sinicus* の沪水量，摂食量およびふん粒排泄量の測定

橈脚類の沪水量と摂食量は測定に使う容器の大きさによって左右されるという（MARSHALL and ORR 1962, ANRAKU 1964）。そこで，まず摂食試験に使う容器の容量と収容する橈脚類の数を選定した。トールビーカーに入れた *Chattonella* 懸濁液（300 ml）に *Calanus* を4—20尾の範囲で数を変えて収容し，それらの容器を明および暗または薄明下に20—24時間静置した。*Calanus* の摂食量と1尾あたりの水量との関係から (Fig.1), *Calanus* は暗または薄明下で20 ml 以上，明条件下で37 ml以上の水量があるとほぼ一定した摂食量を維持した。このことから，摂食試験は暗または薄明条件下で水量300 mlに *Calanus* を10尾（30 ml・animal^{-1}）使用して行うことにした。

摂食試験には，種の選別後に18時間以上沪過海水中に保持した個体の中から，遊泳状態の活発な *Calanus* の雌成体を選んで使用した。また，餌料としての *Chattonella* 懸濁液は，培養原液

を沪過海水で順次希釈して調製した。*Calanus* の摂食時間は20—24時間である。

Calanus の沪水量と摂食量は試験開始時の *Chattonella* 細胞濃度（C_o）と t 時間後の細胞濃度（C_{tf}, C_t）から，次式に従って求めた（大森・池田1976）。

沪水量　（F：ml・animal⁻¹・h⁻¹）

$$F=\frac{V}{N}\left(\frac{\ln C_o-\ln C_{tf}}{t}+k\right)$$

平均細胞濃度　（C：cells・ml⁻¹）

$$\bar{C}=\frac{C_{tf}-C_o}{(k-f)t}$$

摂食量　（G：cells・animal⁻¹・h⁻¹）

$$G=\frac{V\cdot f}{N}\cdot\frac{(C_{tf}-C_o)}{(k-f)t}$$

ただし，k は対照区における *Chattonella* の増殖係数で

$$k=\frac{\ln C_t-\ln C_o}{t}$$

f は*Calanus* の摂食係数で

$$f=\frac{\ln C_{tf}-\ln C_o}{t}$$

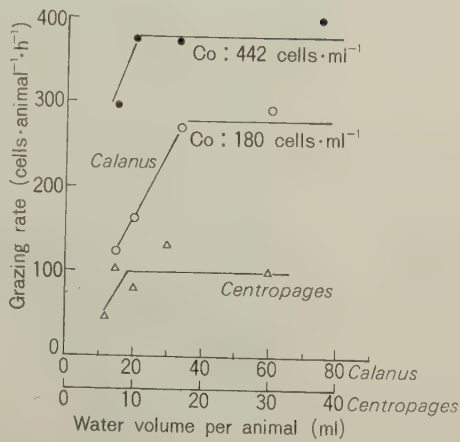


Fig. 1. Effects of water volume per animal on the grazing rate of adult female *Calanus sinicus* and *Centropages yamadai*. Open and closed circles indicate the results on *Calanus* under light and dark conditions, respectively. Triangles show the grazing rates of *Centropages* under dark condition.

と表わされる。また，C_o, C_t, C_{tf} はそれぞれ試験開始時と対照区および摂食区の t 時間後の細胞濃度（cells・ml⁻¹），Vは試験に使用した水量（ml），Nは収容した *Calanus* の個体数を示す。

Chattonella 細胞数の計数には，光学顕微鏡による直接計数法とコールターカウンター TA—II型による粒子計数法を併用した。

排泄したふん粒は，試験終了後に *Calanus* を取り除き，58μm プランクトンネット上に集めて沪過海水で洗浄してから，ガラス繊維沪紙またはメンブランフィルター上に捕集した。計数は顕微鏡下で行い，粒子の大きさに関係なく完全な形を保っていたものを1個とし，形の崩れたものやちぎれたものは1/2個とみなして行った。

結　　　果

1. *Chattonella marina* を摂食する橈脚類の抽出

Calanus, *Centropages* および *Acartia* が *Chattonella* を摂食して排泄したふん粒を Fig. 2 に示した。*Calanus sinicus* のふん粒は長さ380—800μm，幅50μm で緑褐色，*Centropages yamadai* のものは220—250×60μm で褐色，*Acartia erythrea* のものは90—120×50μm で緑褐色を呈した。この他，*Paracalanus parvus* のものは150×35μm の淡い褐色であった。*Corycaeus* sp.

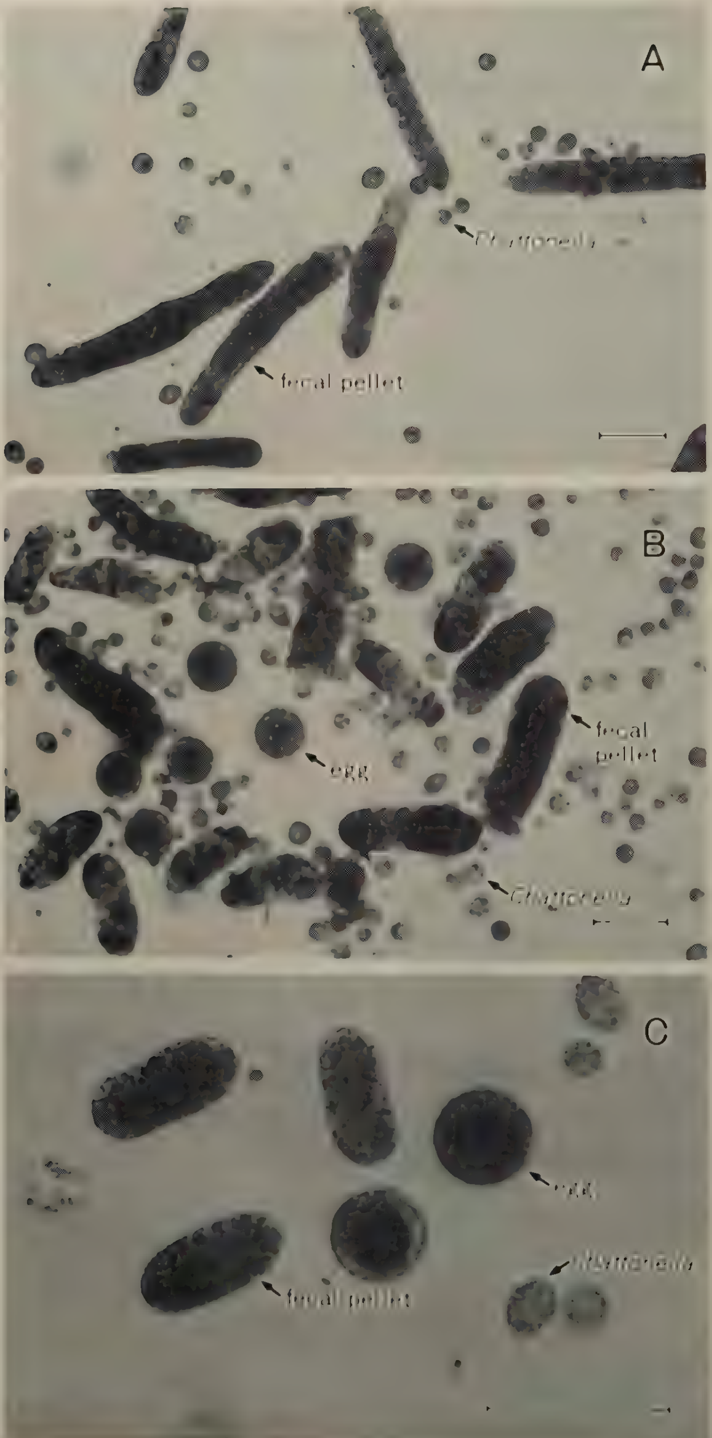


Fig. 2. Fecal pellets produced by adult copepods after feeding on *Chattonella* cells. Each bar reveal 0.1 millimeter in length.
A : *Calanus sinicus*, B : *Centropages yamadai*, C : *Acartia erythrea*

は形のはっきりしないふん粒を僅かに排泄した。*Oithona* と *Oncaea* はふん粒を排泄しなかった。

なお，マルチディッシュ内での橈脚類のふん粒排泄量を測定したところ，*Calanus sinicus* で 2.4—2.8，*Centropages yamadai* で 2.3—2.6，*Paracalanus parvus* で 2.4—2.7，*Acartia erythrea* で 1.6—1.8個・$animal^{-1} \cdot h^{-1}$ であった。

2. *Calanus sinicus* による *Chattonella marina* の摂食量と沪水量

前述したように，橈脚類のうちの数種類は *Chattonella* をよく摂食することから，とくにふん粒が大きく，その排泄量も多い *Calanus sinicus* について，*Chattonella* に対する摂食量および沪水量と *Chattonella* の細胞濃度との関係を調べた。

Calanus による摂食の前後における *Chattonella* 懸濁液の粒子径組成の変化を Fig. 3 に示し

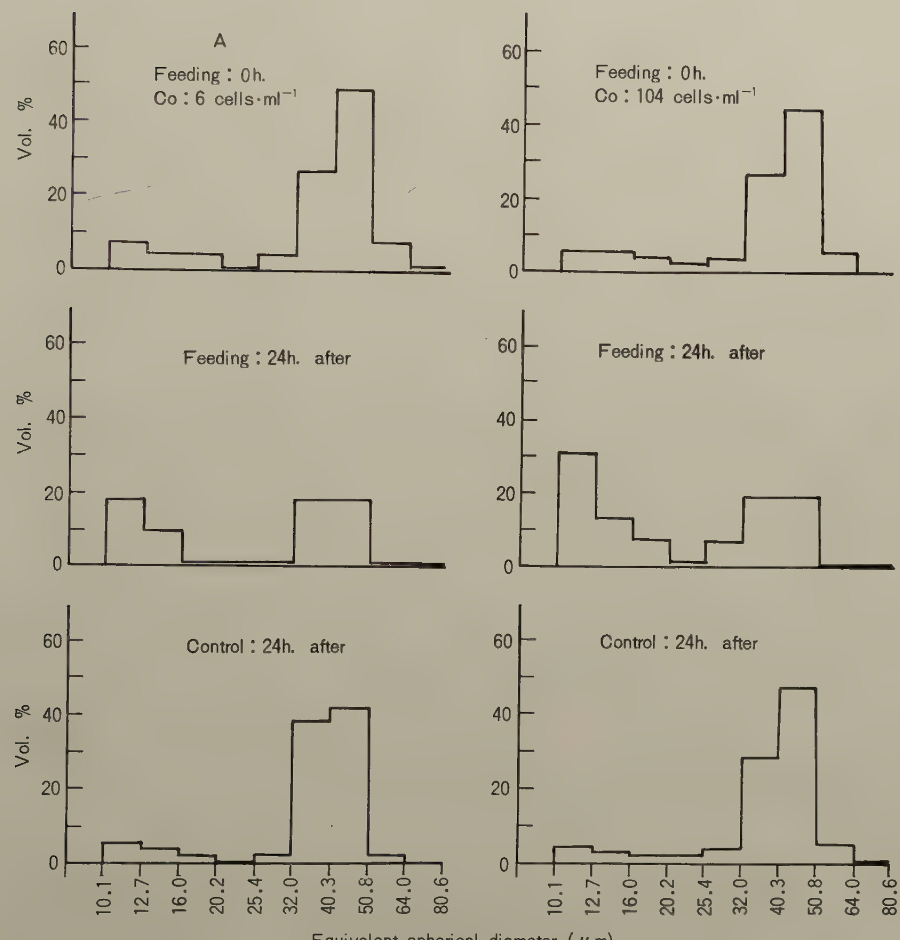


Fig. 3. Feeding of *Calanus* on the different size-classes of *Chattonella*. *Co* indicates the initial cell concentration ($cells \cdot ml^{-1}$) at the beginning of experiment.

た。摂食前の細胞の粒子径は球形換算値で 25—64μm の範囲にあり，とくに 32—50μm におもな分布をもっていた。*Calanus* による24時間の摂食後には，32—50μm の粒子径画分の容積比率が著しく減少し，*Calanus* はこの画分の粒子を活発に摂食したことを示した。それに対し，摂食後に20.2μm 以下の粒子径画分のしめる容積パーセントが増加する傾向が認められた。この現象は *Chattonella* 細胞が減少したことによって，残された他の粒子画分の容積が相対的に大きく表わされたものか，あるいは *Calanus* が *Chattonella* を摂食する時に，細胞を破壊したことによって起ったものか明らかでない。この問題についてはさらに詳しい検討が必要であろう。

Calanus の摂食量と沪水量は実験のたびに変動したけれども，それらの結果をとりまとめたものが **Fig. 4** である。摂食量（*G*）は *Chattonella* の平均細胞濃度（$\overline{C}$）の増加にともなって高くなり，$\overline{C}$ が約 200 cells・ml^{-1} 近くで飽和に達し，それ以上の細胞濃度ではほぼ一定の値を維持した。飽和摂食量は平均で 380 cells・animal^{-1}・h^{-1} で，これは 1 日に約 9 ×10^{3} 細胞に相当した。ただ，細胞濃度が異常に高くなると（14×10^{3} cells・ml^{-1}），*Calanus* に死亡するものが現われ，生存しているものも活動が不活発になった。死亡したものは口部附属肢に多量の粘液様の物質が絡みついていた。沪水量（*F*）は平均細胞濃度が約 200 cells・ml^{-1} より濃くなると急激に減少した。$\overline{C}$ が 200 cells・ml^{-1} 以下における摂食量および沪水量と *Chattonella* 細胞濃度との関係を

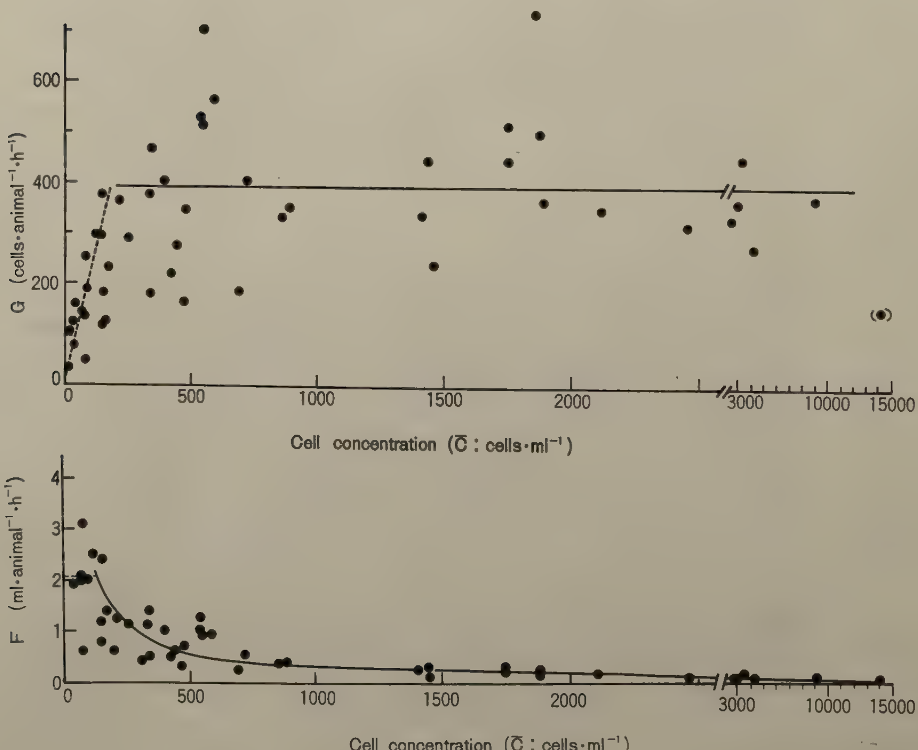


Fig. 4. Effects of cell concentration on the grazing rate (*G*, top) and filtration rate (*F*, bottom) of adult female *Calanus* feeding on *Chattonella*.

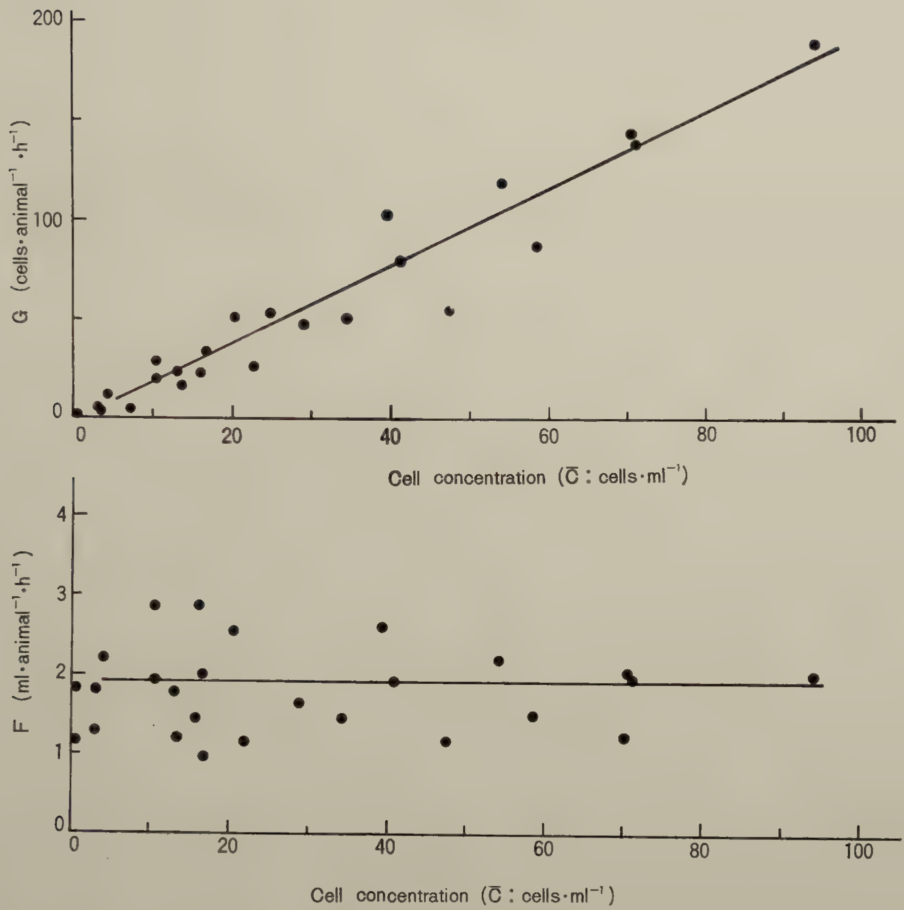


Fig. 5. Effects of cell concentration on the grazing rate (top) and filtration rate (bottom) of adult female *Calanus* at cell concentrations below 100 cells·ml^{-1} of *Chattonella*.

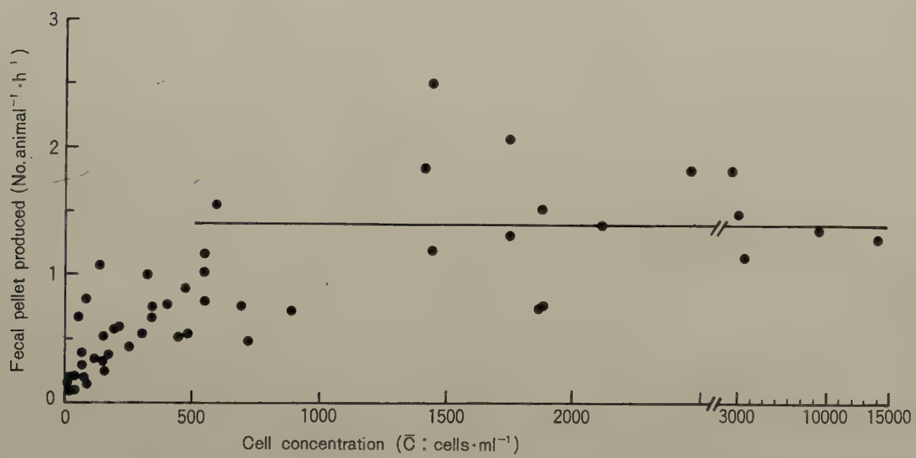


Fig. 6. Effects of cell concentration on the number of fecal pellets produced by adult female *Calanus*.

Fig. 5 に示した。G は $\overline{C}$ に比例してほぼ直線的に増加し，F は $\overline{C}$ の増加にかかわらずほぼ一定で約 2 ml·animal^{-1}·h^{-1} の値を示した。

3.　ふん粒排泄量と細胞濃度

Calanus のふん粒排泄量は摂食量と同じように低い細胞濃度では濃度に比例して増加する傾向があった（Fig. 6)。$\overline{C}$ が 500 cells·ml^{-1} を越えるとふん粒排泄量は0.7—2.5個·animal^{-1}·h^{-1}（平均で約1.5個）でほぼ一定になった。

考　　察

典型的な植食性橈脚類といわれる *Calanus* をはじめ数種の橈脚類（Anraku 1964, Marshall and Orr 1966，伊藤 1970）の摂食量および沪水量と環境中の植物プランクトン濃度との関係については多くの研究がなされてきている（Gauld 1951, Mullin 1963, Corner *et al.* 1978, Frost 1972, '75, '77, Gaudy 1974, Poulet 1978)。それらの研究結果の中で，餌料濃度に対する植食性種の摂食量と沪水量の関係は大きく分けて３つの形に代表されるという（大森・池田 1976)。それらのうちの１つは，餌料濃度が高まるにつれて沪水量は直線的に減少するが，摂食量は山型に変化するもの（Mullin 1963)。もう１つは Frost (1972) で代表され，沪水量はある餌料濃度までは濃度変化にかかわらず一定で，その濃度を越えると徐々に減少するが，摂食量は飽和になるまで餌料濃度に比例して増加するもの，他の１つは，沪水量は極く低い餌料濃度下で高くなったのち急激に減少するが，摂食量は Ivlev の式に似た形で変化し飽和に近づくもの（Corner *et al.* 1972）である。

本研究で得た *Calanus* による *Chattonella* の摂食量および沪水量と細胞濃度との関係は，*Calanus pacificus* と大形珪藻を用いて求めた Frost (1972) の結果に似たものであった。しかし，僅かな事例であったが，低濃度の餌料条件下ではこの関係と違い Corner *et al.* (1972) が *Calanus helgolandicus* で得た形に近いものも認められている（Fig. 7)。

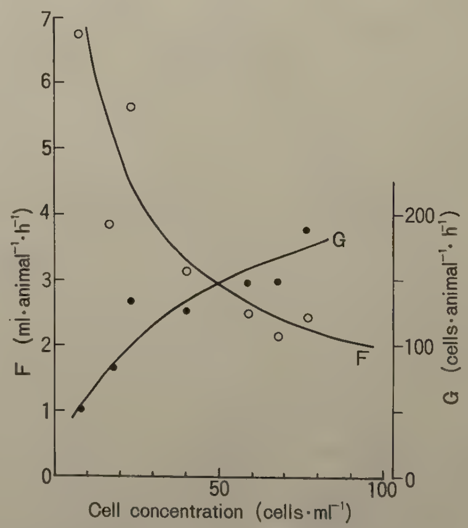


Fig. 7. Different type of relation between the grazing, filtration rate and cell concentration at lower cell conditions.

餌料濃度の変化に伴う摂食量および沪水量関係の特徴の違いや，個々の測定値のばらつきの要因には，実験に使用した橈脚類の均質性と餌料の種類および密度，摂食時間，容器の大きさなど（Peters and Downing 1984）や餌料生物の測定法（Harbison and McAlister 1980）をはじめとして試験を行う上での技術的側面（Glasser

1984）の他に，摂食活動に関与すると思われる橈脚類の chemoreceptor の反応と餌料生物の質および摂食の選択性（FRIEDMAN and STRICKLER 1975, POULET 1976, POULET and MARSOT 1978），複雑な粒子径組成をもつ餌料に対するサイズ選択と摂食順序などの摂食反応（POULET 1978, PAFFENHÖFER 1984），摂食の履歴が大きさや質を異にした新しい餌料生物の摂食に及ぼす影響（DONAGHAY and SMALL 1979），さらには，測定時の前提条件としての飢餓と飽食が摂食量と沪水量に及ぼす効果（FROST 1972, RUNGE 1980）などのような生物的側面も関係していると考えられる。

本来，摂食量とふん粒量は密接に関連しているはずである（GAUDY 1974）が，*Calanus* のふん粒排泄量と摂食量を比較すると，摂食量が飽和に達する *Chattonella* 細胞濃度 200 cells・ml^{-1} でもふん粒量は飽和していなかった。その要因の1つには，粒子数という正確さを欠く測定であったことに加えて，捕集する一連の過程でふん粒の逸散，崩壊が起っていた可能性が考えられる。もう1つの要因としては，物理的な刺激に対して壊れ易い *Chattonella* 細胞は *Calanus* が口部附属肢によって水流を起し，餌料生物を集めて摂食する（KOEHL and STRICKLER 1981, PRICE *et al.* 1983）際の一連の機械的刺激によって壊されることがあるのかもしれない。

以上のように解明すべき多くの問題は残されているけれども，本研究においては *Calanus* をはじめ数種類の橈脚類が *Chattonella marina* を摂食してふん粒を排泄すること，とくに *Calanus sinicus* は1日に 9×10^3 細胞を摂食し，低い細胞濃度下では濃度に比例して摂食量を増すことが明らかになった。

これらの橈脚類の摂食作用が赤潮の発生と衰退に関与するためには，少なくとも赤潮発生期に *Chattonella* を摂食する橈脚類が量的に多く存在していること，橈脚類が混在する珪藻類やその他の鞭毛藻類よりも *Chattonella* を選択的に摂食すること，あるいは HUNTLEY（1982）が *Gymnodinium flavum* と *Calanus pacificus* との摂食関係で指摘したと同じように，橈脚類が *Chattonella* を避けて他の藻類を選択的に摂食することが必要な条件になるだろう。

1983年の広島湾西部水域における赤潮発生時期の橈脚類の出現状況をみると（伊藤 1984），*Chattonella* を摂食できる *Calanus sinicus*, *Paracalanus parvus*, *Acartia* spp., *Centropages* spp. ならびに *Temora turbinata* などの成体とコペポダイト期のものの総数は6月下旬に1 m^3当り 17×10^3尾，7月中旬－8月に $9-6\times10^3$尾であった。当水域での *Chattonella* 栄養細胞は7月下旬－8月上旬に僅かに出現しており（今井他 1984），これらの橈脚類が *Chattonella* を摂食できる環境はあったものと推察される。

当湾における *Chattonella* 赤潮の発生は，1972年の大発生（木村他 1973）はあったものの，ここ数年起っておらず，*Chattonella* 赤潮の発生過程の中で，橈脚類が *Chattonella* を摂食する実態を野外条件下で量的に把握するまでに至っていない。

したがって，今後は赤潮生物種の量的変動と橈脚類による赤潮生物種の摂食量と摂食の選択性を現場の餌料環境下で調べ，赤潮の発生と衰退に及ぼす橈脚類による摂食圧の役割を評価することが必要である。

摘　　　要

赤潮原因生物の1つ *Chattonella marina* の橈脚類による摂食とふん粒の排泄を *Chattonella* の細胞濃度と関連づけて実験的に調べた。

1. *Calanus sinicus*, *Centropages yamadai*, *Paracalanus parvus*, *Acartia erythrea* は *Chattonella* を摂食し，ふん粒を排泄したが，*Oithona* sp. と *Oncaea* sp. はふん粒を排泄しなかった。

2. *Calanus sinicus* による *Chattonella* の摂食量は，低い細胞濃度下では濃度に比例して増加し，約 200 cells・ml^{-1} で飽和に達し，平均 380 cells・$animal^{-1}$・h^{-1} の値を示した。また，*Calanus* の沪水量は細胞濃度約 200 cells.ml^{-1} までは濃度に関係なくほぼ一定で 2 ml・$animal^{-1}$・h^{-1} の値を示したが，200cells・ml^{-1} を越えると濃度の増加にともない徐々に減少した。

3. ふん粒排泄量と *Chattonella* の細胞濃度との関係は，摂食量の場合と似た傾向を示した。ふん粒の排泄量は約 500 cells・ml^{-1} 近くで飽和し，平均で1.5個・$animal^{-1}$・h^{-1} であった。

4. *Chattonella* に対するこれらの橈脚類の摂食圧が *Chattonella* 赤潮の発生と衰退に関与する程度を現場水域で評価する必要性が示唆された。

文　　　献

安楽正照，1963：橈脚類の食性について（綜説），日本プランクトン研連会報，**9**，10—35.

Anraku, M. 1964: Some technical encountered in quantitative studies of grazing and predation by marine planktonic copepods. J. Oceanogr. Soc. Japan, **20**, 221–231.

Chen, L. C.-M., T. Edelstein and J. McLachlan, 1969: *Bonnemaisonia hamifera* Hariot in nature and in culture. J. phycol., **5**, 211–220.

Corner, E. D. S., R. N. Head and C. C. Kilvington, 1972: On the nutrition and metabolism of zooplankton VIII. The grazing of *Biddulphia* cells by *Calanus helgolandicus*. J. mar. biol. Ass. U. K., **52**, 847–861.

Donaghay, P. L. and L. F. Small, 1979: Food selection capabilities of the estuarine copepod *Acartia clausi*. Mar. Biol., **52**, 137–146.

遠藤拓郎，1984：備後・燧灘における赤潮生物の増殖に及ぼす栄養塩などの影響，およびシストの発芽条件. "大規模赤潮の形成及び赤潮被害抑止に関する研究" 5年間の研究成果，南西水研他，pp. 103—113.

Fiedler, P. C. 1982: Zooplankon avoidance and reduced grazing responses to *Gymnodinium splendens* (Dinophyceae). Limnol. Oceanogr., **27**, 961–965.

Friedman, M. M. and J. R. Strickler, 1975: Chemoreceptors and feeding in calanoid copepods (Arthropoda: Crustacea). Pro. Nat. Acad. Sci. USA., **72**, 4185–4188.

Frost, B. W. 1972: Effects of size and concentration of food particles on the feeding behavior of the marine planktonic copepod *Calanus pacificus*. Limnol. Oceanogr., **17**, 805–815.

Frost, B. W., 1975: A threshold feeding behavior in *Calanus pacificus*. Limnol. Oceanogr., **20**, 263–266.

Frost, B. W., 1977: Feeding behavior of *Calanus pacificus* in mixtures of food particles. Limnol. Oceanogr., **22**, 472–491.

Gaudy, R., 1974: Feeding four species of pelagic copepods under experimental conditions. Mar.

Biol., **25**, 125–141.

Gauld, D. T., 1951: The grazing rate of planktonic copepods. J. mar. biol. Ass. U.K. **29**, 695–706.

Glasser, J. M., 1984: Analysis of zooplankton feeding experiments: Some methodological considerations. J. Plankton Res., **6**, 553–569.

花岡 資・入江春彦・上野福三・飯塚昭二・岡市友利・岩崎英雄, 1972：内湾赤潮の発生機構. 水産研究叢書23, 日本水産資源保護協会, 東京, 105p.

原 慶明・千原光雄, 1982：日本産ラフィド藻シャットネラ（*Chattonella*）の微細構造と分類. 藻類, **30**, 47—56.

Harbison, G. R. and V. L. McAlister, 1980: Fact and artifact in copepod feeding experiments. Limnol. Oceanogr., **25**, 971–981.

Huntley, G. R. 1982: Yellow water in La Jolla Bay, California, July 1980. II. Suppression of zooplankton grazing. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., **63**, 81–91.

飯塚昭二, 1972：大村湾における *Gymnodinium* '65年型赤潮の発生機構. 日本プランクトン学会報, **19**, 22—33.

飯塚昭二, 1980：赤潮生物の生態学的特性. 赤潮—発生機構と対策, 水産学シリーズ34, 日本水産学会編, 恒星社厚生閣, 東京, 38—49.

今井一郎, 1981：増殖促進に有効な物質の赤潮生物への取込みに関する研究—赤潮生物の増殖と海洋細菌の関係. "大規模赤潮の形成及び赤潮被害抑止に関する研究" 昭和55年度研究成績報告書, 南西水研他, pp. 89—95.

今井一郎・伊藤克彦・安楽正照, 1984：播磨灘における *Chattonella* 耐久細胞の分布と発芽温度. 日本プランクトン学会報, **31**, 35—42.

伊藤克彦, 1970：口部附属肢の形態からみた橈脚類の食性に関する一考察. 日本プランクトン学会報, **17**, 1—10.

伊藤克彦, 1984：赤潮鞭毛藻に対する橈脚類の捕食圧測定の試み. "大規模赤潮の形成及び赤潮被害抑止に関する研究" 5年間の研究成果, 南西水研他, pp. 223—231.

岩崎英雄, 1973：赤潮鞭毛藻の生理特性からみた赤潮の発生機構. 日本プランクトン学会報, **19**, 104—114.

岩崎英雄, 1984：伊勢湾における赤潮鞭毛藻の生理要求とその環境特性に関する研究. "大規模赤潮の形成及び赤潮被害抑止に関する研究" 5年間の研究成果, 南西水研他, pp. 67—80.

川合英夫・中原紘之, 1984：赤潮生物の集積に関する研究. "大規模赤潮の形成及び赤潮被害抑止に関する研究" 5年間の研究成果, 南西水研他, pp. 49—64.

木村知博・溝上昭男・橋本俊将, 1973：漁業被害をもたらした広島湾の赤潮：その発生状況と発生環境. 日本プランクトン学会報, **19**, 82—112.

Koehl, M. A. R. and J. R. Strickler, 1981: Copepod feeding currents: Food capture at low Reynolds number. Limnol. Oceanogr., **26**, 1062–1073.

Marshall, S. M. and A. P. Orr, 1962: Food and feeding in copepods. Rapp. Proces Verb., **153**, 92–98.

Marshall, S. M. and A. P. Orr, 1966: Respiration and feeding in small copepods. J. mar. biol. Ass. U. K., **46**, 513–530.

Mullin, M. M., 1963: Some factors affecting the feeding of marine copepods of the genus *Calanus*. Limnol. Oceanogr., **8**, 239–250.

McAllister, C. D., 1970: Zooplankton rations, phytoplankton mortality and the estimation of marine production. In Marine food chains, ed. J. H. Steel, 419–457, Oliver & Boyd, Edinburgh.

根本敬久・西田周平・古谷 研・永沢祥子・小川カホル・津田 敦・保坂信二, 1984：東京湾の赤潮生態系の構造解析. "大規模赤潮の形成及び赤潮被害抑止に関する研究" 5年間の研究成果, 南西水研他, pp. 233—251.

岡市友利・門谷　茂，1984：播磨灘における *Chattonella* 大規模赤潮に関する環境科学的研究．“大規模赤潮の形成及び赤潮被害抑止に関する研究” 5年間の研究成果，南西水研他，pp. 81—100．

大森　信・池田　勉，1976：動物プランクトン生態研究法．生態学研究法講座5，共立出版，東京，229p.

Paffenhöfer, G.-A., 1984: Does Paracalanus feed with a leaky sieve? Limnol. Oceanogr., **29**, 155–160.

Peters, R. H. and J. A. Downing, 1984: Empirical analysis of zooplankton filtering and feeding rates. Limnol. Oceanogr., **29**, 763–784.

Poulet, S. A., 1976: Feeding of *Pseudocalanus minutus* on living and non-living particles. Mar. Biol., **34**, 117–125.

Poulet, S. A., 1978: Comparison between five coexisting species of marine copepods feeding on naturally occurring particulate matter. Limnol. Oceanogr., **23**, 1126–1143.

Poulet, S. A. and P. Marsot, 1978: Chemosensory grazing by marine calanoid copepods (Arthropoda: Crustacea). Science, **200**, 1403–1405.

Price, H. J., G.-A. Paffenhöfer and J. R. Strickler, 1983: Modes of cell capture in calanoid copepods. Limnol. Oceanogr., **28**, 116–123.

Runge, J. A., 1980: Effects of hunger and season on the feeding behavior of *Calanus pacificus*. Limnol. Oceanogr., **25**, 134–145.

Springer, A. M. and D. G. Roseneau, 1985: Copepod-based food webs: auklets and oceanography in the Bering Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser., **21**, 229–237.

田端健二・本城凡夫，1984：赤潮プランクトンと橈脚類を混合培養するための20トンならびに70トン屋外連続流装置．“大規模赤潮の形成及び赤潮被害抑止に関する研究” 5年間の研究成果，南西水研他，pp. 211—221.

髙山晴義・楠木　豊・大内　晟，1984：広島湾における赤潮に対する環境特性．“大規模赤潮の形成及び赤潮被害抑止に関する研究” 5年間の研究成果，南西水研他，pp. 115—124.

Tsuda, A. and T. Nemoto, 1984: Feeding of the marine copepod *Acartia clausi* on cultured red-tide phytoplankton. Bull. Plankton Soc. Japan, **31**, 79–80.

辻田時美，1984：ブルーミングと赤潮の発生に関する諸過程．うみ，**22**，305—323.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Lab. No.20, 1986

大海湾干潟のクロロフィル-*a*とフェオ色素の鉛直分布

松　尾　　　豊

Vertical Distribution of Chlorophyll-*a* and Phaeopigments on an Intertidal Flat in Ohmi Bay.

Yutaka Matsuo

The vertical distribution of chlorophyll-*a* and phaeopigment concentrations on an intertidal flat in Ohmi Bay was investigated from June 1982 to February 1984. Samples in the uppermost 10cm of the tidal flat were taken by a hand core, 36mm in inner diameter. Chlorophyll-*a* concentration was highest in the surface layer of every samples examined. Phaepigment was also abundant in the surface layer. However, concentration was also high below 7–8 cm depth, in the place where *Ulva* sp. was accumulated. The fractionation of samples into Epipsammon, Epipelon, and Detritus, revealed that more than 50% of chlorophyll-*a* was accounted for Epipsammon. Seasonal changes of vertical profile of chlorophyll-*a* and phaeopigment were not clear. In the uppermost layer, however, concentration became high through summer to autumn and low in winter. This tendency was observed down to 10 cm depth.

干潟は，干潮時に露出する砂泥質の平底であり，潮間帯域に形成される。干潟の1次生産者としては，アナアオサ類，アマモ類などの大型海藻（草）類が一般に知られており，研究も進んでいる。小型の藻類としては，干潟そのものに生活の基盤をおく珪藻類を主とする底生微小藻類があり，大型藻類とともに干潟の重要な1次生産者の1つであることが報告されている（Colijn and Dijkema 1981，Colijn and de Jonge 1984）。しかし，底生微小藻類の現存量や生産量，特にその鉛直分布に関する研究は，主にヨーロッパを中心に行なわれてきているが，植物プラントンや大型藻類に比較して研究は遅れている（Colijn and Buurt 1975，Colijn and Dijkema 1981，Colijn and de Jonge 1984，Gargas 1970，Gargas 1980，Gargas and Gargas 1982，Joint *et al.* 1982，Rassmussen *et al.* 1968，Steele and Baird 1968，Tietjen 1968）。

本研究は，潮間帯域の浄化機能の研究の一環として，山口県の瀬戸内海側に面する大海湾で，干潟泥中の微小藻類現存量について，その鉛直分布の季節変化を明らかにする目的で行われた。

干潟泥中のクロロフィル—*a*を測定するにあたり，御助力いただいた南西海区水産研究所山口峰生技官に深く感謝する。

なお，本研究は，環境庁国立機関公害防止等試験研究費で行われた。

1985年11月20日受理，南西海区水産研究所業績　第180号，〒739-04　広島県佐伯郡大野町

方　　法

大海湾は，山口県の瀬戸内海側に面する小湾で，佐波川が流入し，河口から湾岸にかけて干潟が形成されている（Fig. 1)。

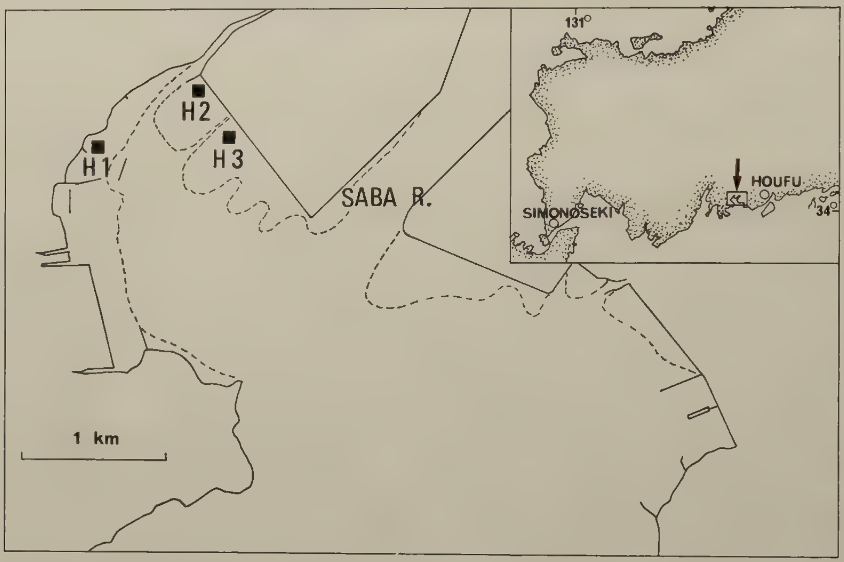


Fig. 1　Map showing the sampling stations in Ohmi Bay.

クロロフィル—*a* およびフェオ色素量測定用の干潟泥は，1982年11月から1984年3月にかけて6回，湾内の3点において干潮時に露出した干潟に，内径36mmのアクリル製コアを手で干潟に押し込むことにより，深さ10cmまで採取した。原則として各測点で3本採取したが，1983年7月の測点H2では2本，1983年11月の全点と1984年2月の測点H2では4本採取した（Table 1)。

各泥試料は測点毎に未分画試料（Whole sample）と分画試料（Fractionated sample）に分けた。各測点で処理した本数を Table 1 に示す。

未分画試料は，試料を1cm毎に切断後，そのままグラスファイバーフィルター（Whatman GF/C）上で吸引脱水後，凍結保存した。

分画試料は，試料を1cm毎に切断後，Moss and Round (1967) に従い，Epipelon（運動性の珪藻類），Epipsammon

Table 1. Date of sampling and number of samples taken at 3 stations indicated in Fig. 1.　F: fractionated sample　W: whole (non-fractionated) sample.

		H1		H2		H3	
		W	F	W	F	W	F
June	1982	2	1	2	1	2	1
Nov.	1982	2	1	2	1	2	1
Mar.	1983	2	1	2	1	2	1
July	1983	2	1	1	1	2	1
Nov.	1983	2	2	2	2	2	2
Feb.	1984	2	1	2	2	2	1

（砂礫に固着した藻類）と残りの Detritus に分画した（Fig. 2）。Epipelon の分画は次のように行なった。試料を96×60㎜の透明プラスチックの箱の中に拡げ，その上にレンズペーパー（Whatman №.5）を3～4枚載せ，照明下に1晩置く。Epipelon は，この間にレンズペーパー内に移動することが知られており（Moss and Round 1967），翌日レンズペーパーを取り，濾過海水と共によく振とう後，レンズペーパーの繊維を除くため0.3㎜目合のふるいを通して Epipelon のみとし，グラスファイバーフィルター上で吸引脱水後，凍結保存した。Epipsammon は，Epipelon を分離した残りの泥に濾過海水を入れ，よく振とうし，数十秒後に上澄みと沈澱に分けることを数回繰り返した後，沈澱部をグラスファイバーフィルター上で吸引脱水することにより分画した。また，上澄みの Detritus 状の残渣も同様に処理し，Detritus 分画としてそれぞれ凍結保存した。

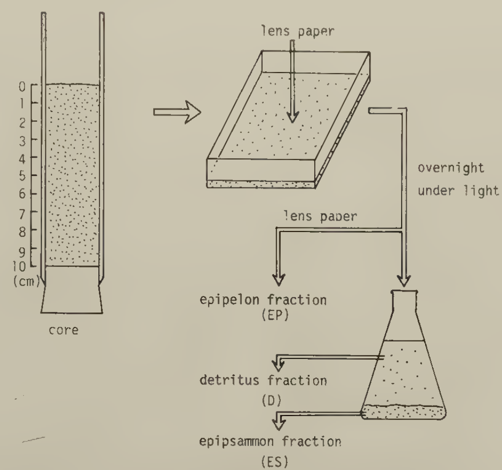


Fig. 2 Schematic diagram of the fractionation of 9 core samples.

クロロフィル―a及びフェオ色素量は，各保存試料について，乳鉢で磨砕後直ちに90%アセトンで抽出し，螢光光度計（TURNER DESIGN 110）により螢光法で測定して求めた。

結　　果

1．各測点のクロロフィル―a及びフェオ色素の鉛直分布

Fig. 3～5に，各測点別のクロロフィル―aとフェオ色素の平均値の鉛直分布と，クロロフィル―aに占める各分画間の割合を示した。平均値は，未分画試料についてはその値を，分画試料については Epipelon, Epipsammon, Detritus の各分画の和の値を用い，未分画試料と分画試料の色素量の合計から求めた。

H1

クロロフィル―a：　各季節とも表面で最も多く，深くなるに従って減少した。表層（0―1㎝）の値は，0.4―2.2$\mu g \cdot cm^{-2}$ の範囲にあったが，3―4㎝以深では1$\mu g \cdot cm^{-2}$ 以下となり，減少傾向は，表層の値が高いほど大きかった。表層の値が0.4$\mu g \cdot cm^{-2}$ と低かった1982年11月の場合，減少傾向は小さいものの，深くなるに従い，徐々に減少した。

フェオ色素：　クロロフィル―aに比べ，表層では1.1―3.4$\mu g \cdot cm^{-2}$（0―1㎝）と高かったがクロロフィル―aと同様，深くなるほど減少した。しかし，減少傾向は，クロロフィル―aより緩やかであり，従ってクロロフィル―aに対する割合は，深い層ほど増加した。

分画：　1983年3月を除き，クロロフィル―aの50%以上が Epipsammon に由来することが

示された。特に，1983年7，11月，1984年2月は70%以上が Epipsammon に含まれていた。各分画間の割合は，季節により異なるものの，鉛直的には表面から10cm深までほぼ一定であった。Epipelon は占める割合が最も少ない分画であったが，1982年6月と1983年7月は0－1cm層で，それぞれクロロフィル―aの15，20%を占め，その値もそれぞれ0.33，0.35$\mu g \cdot cm^{-2}$と他の季節に比べ高く，夏季，Epipelon が多いことを示した。

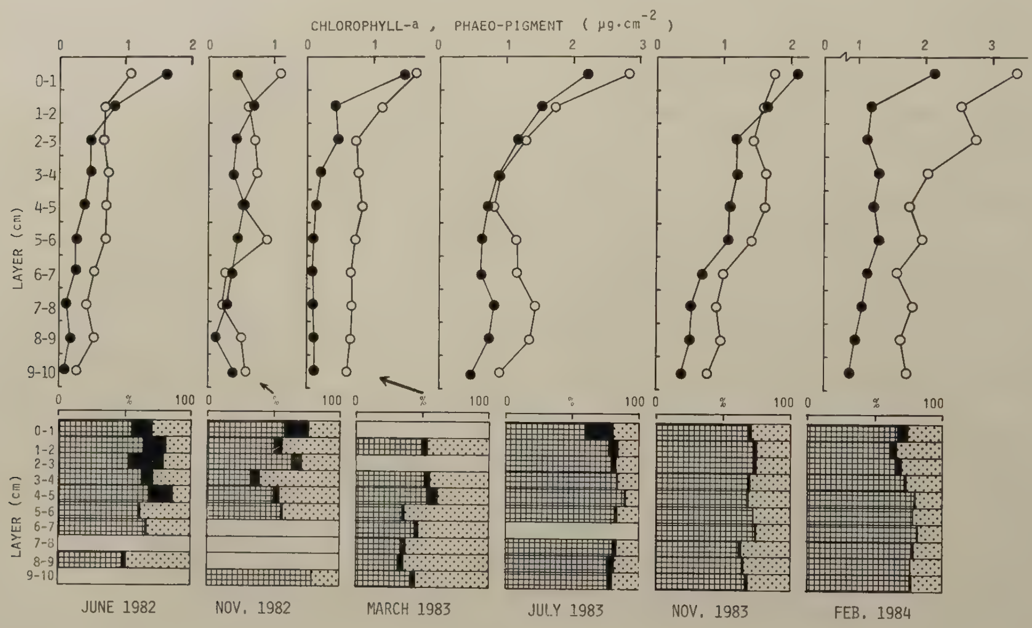


Fig .3 Vertical profile of chlorophyll-a and phaeopigment at Stn H1. Top: Chlorophyll-a (closed circle) and phaeopigment (open circle) concentration. Bottom: Percentage compositon of fraction in the chlorophyll-a (Epipsammon: ▦ Epipeln: ■ Detritus: ░).

H2

クロロフィル―a：　測点H1と同様，深くなるほど減少し，0－1cm層では，0.6―3.5$\mu g \cdot cm^{-2}$であったものが，3－4cm以深では1$\mu g \cdot cm^{-2}$以下となった。1982年11月には，クロロフィル―aは，0－1cm層で0.6，1－2cm層で1.1$\mu g \cdot cm^{-2}$と低い値であったが，1cm以深では0.5$\mu g \cdot cm^{-2}$以下と更に減少しており，他の季節と同様，クロロフィル―aが表層で最も多いことを示した。

フェオ色素：　0－1cm層で，0.9―6.8$\mu g \cdot cm^{-2}$とクロロフィル―aよりも高い値を示した。鉛直分布は，表面から6ないし7cmまでは減少したが，それ以深では，逆に増加する傾向を示した。この逆転傾向は，1983年3月と1984年2月に著しかった。この測点には春から夏にかけて湾内に増殖したアナアオサ類が多量に堆積した。この結果，堆積したアナアオサ類が分解し，干潟泥中に沈降したためフェオ色素量が6－7cm以深で増加したと考えられる。

分画：　クロロフィル―aに占める割合の高かった分画は，1983年11月を除き，Epipsammon

分画であり，全クロロフィル－a量の70－80％を占めていた。また，各分画間の割合は，測点H1と同じく，深さにかかわらず，ほぼ一定であった。1983年11月は，Epipsammon の割合は低く，50％台であり Detritus 由来のクロロフィル－aが多かった。この時期は，フェオ色素量が多いことから，海藻あるいはプランクトンに由来する Detritus が多かったものと思われる。Epipelon は，最も多い時期で$0.2\mu g\cdot cm^{-2}$ と少なく，この測点では Epipelonが 少ないことが明らかになった。

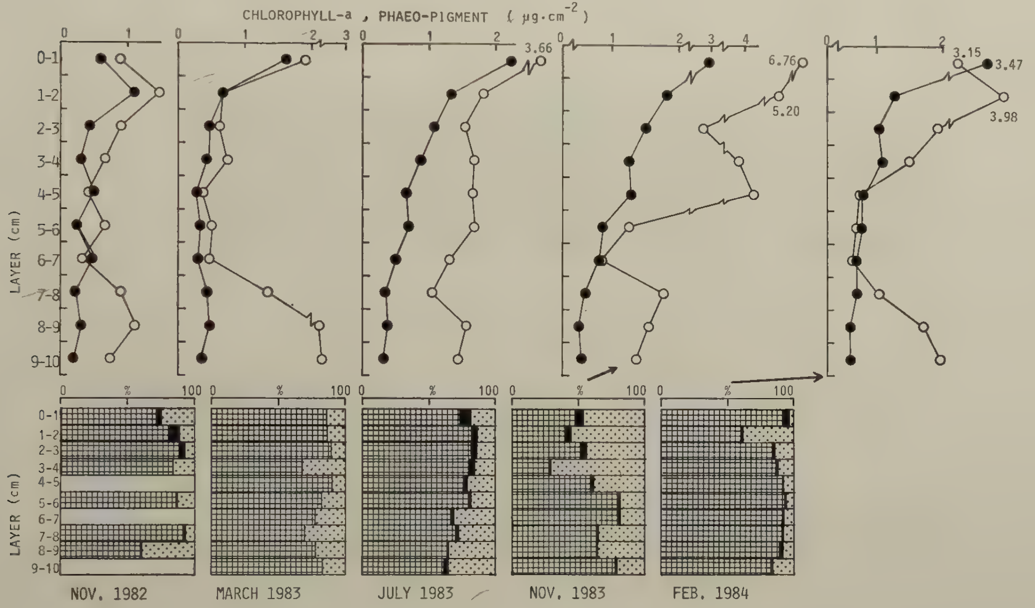


Fig. 4 Vertical profie of chlorophyll-a and phaeopigment at Stn H2. Top: Chlorophyll-a (closed circle) and phaeopigment (open circle) concentration. Bottom: Percentage composition of fraction in the chlorophyll-a (Epipsammon: ▦ Epipelon: ■ Detritus: ░).

H3

クロロフィル－a：　0－1 cm層では0.6－$2.4\mu g\cdot cm^{-2}$ の範囲の値を示したが，他の2測点と同じく，深くなるにつれて徐々に減少した。しかし，表層のクロロフィル－a値が$0.6\mu g\cdot cm^{-2}$と低かった1982年6月と1983年3月は，クロロフィル－aは，10cm深までほぼ一定の値を示した。

フェオ色素：　0－1 cm層では0.7－$4.7\mu g\cdot cm^{-2}$ の値を示し，また，他の2測点と同様，クロロフィル－aよりも多かった。クロロフィル－aに対する割合は深度が増すにつれて増加した。

分画：　いずれの時期も各層とも Epipsammon が主体であり，最も少なかった1982年6月の0－1 cm層でも全クロロフィル－a量の50％を占めており，1983年3，7，11月はほぼ70％以上を占め，他の2測点に比べて Epipsammon の割合が高い特徴が認められた。Epipelon は，最も多い1984年2月で$0.2\mu g\cdot cm^{-2}$ と少なく，測点H2と同様，Epipelon の少ない測点であることが示された。

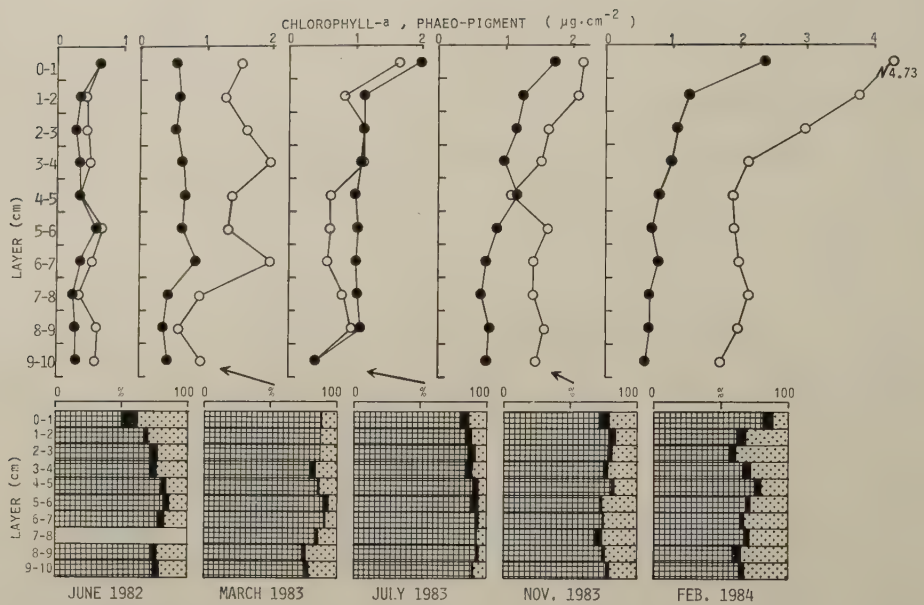


Fig. 5 Vertical profile of chlorophyll-*a* and phaeopigment at Stn H3. Top: Chlorophyll-*a* (closed circle) and phaeopigment (open circle) concentration. Bottom: Percentage composition of fraction in the chlorophyll-*a* (Epipsammon: ▦ Epipelon: ■ Detritus: ▒).

2.　クロロフィル―*a*の鉛直分布の季節変化

ここでは，クロロフィル―*a*の鉛直変化について述べる。Fig. 6 には，各試料から得られたクロロフィル―*a*の値（分画したものは Epipsammon, Epipelom, Detritus の和）を白丸で，それらの平均値を実線で示した。

測点H１とH３の季節変化は類似し，明瞭な変化は認められなかったものの，濃度は夏季に高く，秋季から冬季にかけて低い傾向が見られた。この傾向は，深度が増すにつれて弱くなるものの，９―10cm層でも認められた。測点H２では，H１，H３と異なり，クロロフィル―*a*濃度は，秋季（1983年11月）に最も高くなる傾向が認められた。これは，分画の結果に示されるように，Detritus 由来のクロロフィル―*a*が秋季に多かったためである。この Detritus が，植物プランクトンに由来するものか，大型海藻類の破片に由来するものか，あるいは，底生微小藻類に由来するものかについては，実際に検鏡していないため不明である。しかし，この時期は，フェオ色素量がクロロフィル―*a*量の2.3倍と非常に多く，アナアオサ類はほとんど存在していなかった。このことは，このクロロフィル―*a*及びフェオ色素の由来が植物プランクトンないし底生微小藻類によると考えられる。

測点H１とH２では，春季あるいは秋季には，年によりクロロフィル―*a*の量が大きく異なった。これは，干潟の微小藻類の現在量が，年によって大きく変動することを表わしている。この原因としては，干潟の状態が潮汐や採貝により一定していないこと，また，春季から夏季にかけて，湾内に繁殖したアナアオサ類が干潟上を覆うため，干潟泥中の微小藻類の増殖に影響したこ

とが考えられる。

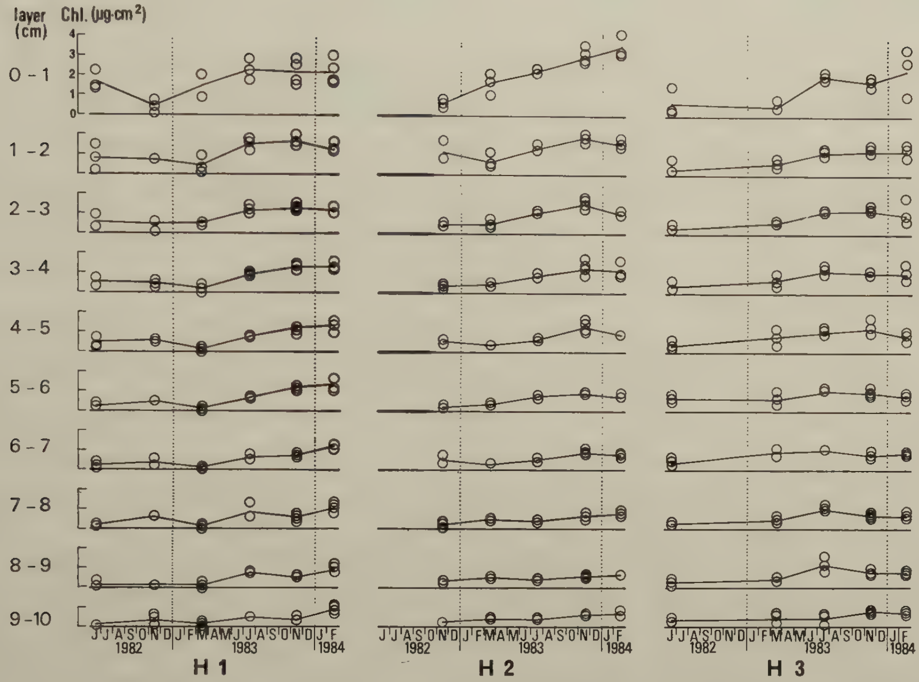


Fig. 6 Seasonal change of chloropyll-*a* concentration in each layer of 3 sampling stations. Solid line shows the mean chlorophyll-*a* value of each layer. Open circle indicates chlorohyll-*a* value of whole sample or sum of 3 fractionation (Epipsammon, Epipelon and Detritus).

考　　察

1. 鉛直分布

本研究の結果，大海湾干潟の表層10cmのクロロフィル－a鉛直分布は，季節にかかわらず表面で最も高い値を示した。また，クロロフィル－a濃度は夏季から秋季にかけて高く，冬季から春季にかけて低かった。

冒頭に述べたように，干潟域の微小藻類の現存量や生産量の鉛直分布に関する研究は少ない。STEELE and BAIRD (1968) は，Scotland の砂浜の生産生態の研究の結果，干潟のクロロフィル－a の鉛直分布には，表面から深さ約20cmまでは，一定の減少ないし増加傾向は見られず，むしろ，ある深さでクロロフィル－a の値が高くなることを報告した。GARGAS and GARGAS (1982) は，Denmark の Nivå Bay の岸近くでは表層10cmのクロロフィル－a の鉛直分布は年間を通じて表面で最も高く，また，クロロフィル－aに対するフェオ色素の割合は，深くなるほど増加することを見出した。JOINT *et al.* (1982) は，England の干潟の表層20mmを1mm毎に精査し，優先種5種類は，表面に近いほど多く，特に，珪藻4種類は，表面から8mmまでに集中している

と述べている。

本研究の結果は，STEELE and BAIRD (1968) の結果とは異なるものの，GARGAS and GARGAS (1982) や JOINT *et al.* (1982) の結果とよく一致する。すなわち，微小藻類の現存量は，表面で最も高かった。STEELE and BAIRD (1968) は，干潟泥の鉛直混合がクロロフィル－*a* の鉛直分布と生産に大きく影響を与えると述べている。その結果でも，低潮線より下の測点では，クロロフィル－*a* は，表面に近いほど高い値を示した。これらの結果は，干潟域のクロロフィル－*a* の鉛直分布は，表面で最も高くなるが、波浪や採貝などの人工的な原因による干潟泥の攪乱が大きい場合，深くなるにつれ減少するという一定の傾向は認められなくなることを示している。

PERKINS (1963) によれば，砂の光の透過率は，湿泥では２㎜で５％以下になり，土では２㎜で0.43％になる。すなわち，干潟の表面から数㎜の深さでは光は殆んど届いていないと考えられる。このことから，干潟泥の中に沈降した微小藻類は暗黒下におかれるため，再び表面に持上げられない限り死滅していくが考えられる。しかし，STEELE and BAIRD (1968) は，砂から分離した珪藻類は，暗黒下で23日間，色素が分解することなしに生存したと述べている。GARGAS(1970) によれば，表面から10㎝深まで基礎生産量を測定した結果，基礎生産量は深度が増すにつれ徐々に減少していた。これは，表面から１㎝以上深いところの藻類も生産能力があることを意味している。これらの結果は，底生微小藻類が暗黒下でもある期間生存している可能性を示唆しているが，生存には溶存酸素，水温，塩分などが影響を与えるとの報告があるものの (GARGAS and GARGAS 1982)，どの程度の期間生存可能か，また，干潟泥の擾乱が,底生微小藻類の鉛直分布にどの程度影響を与えるかについての報告はない。したがって，表面から数㎜以深に分布した微小藻類が，干潟域での基礎生産にどの程度寄与するかについては，現在のところ不明である。

2．分　　画

干潟泥を Epipsammon, Epipelon, Detritus に分画した結果，クロロフィル－*a* の50％以上が Epipsammon に由来することが示された。

STEELE and BAIRD(1968) は，干潟の砂を検鏡した結果，砂に固着した珪藻類が優占種であると述べている。GARGAS (1970) によれば，Nivå Bay では，psammophytic fraction ((Epipsammon に相当) と pseudobenthic fraction (Epipelon＋Detritus に相当) に分画した結果，５月から11月にかけて，０－１㎝層の基礎生産の72％が psammophytic fraction によると報告した。このように，海域が異なっても，干潟域の微小藻類現存量に占める割合は，Epipsammon, すなわち砂礫に固着した藻類が卓越することが明らかにされた。

3．鉛直分布の季節変化

大海湾干潟のクロロフィル－*a* の季節変化は、深さ10㎝まで及んでおり，夏季から秋季に高く，冬季から春季に低いという結果が得られた。GARGAS (1970) は，表層０－２㎜の基礎生産速度は，５月から11月の間では，９月が最も高いことを報告した。COLIJN and DIJKEMA (1981) の結果によれば，表層０－２㎝のクロロフィル－*a* 値は，５－６月に最も高く，この他，春と秋に小さいピークが観察された。GARGAS and GARGAS (1982) は，１，２月を除く９月から翌年８月にわたり，０－１㎝層のクロロフィル－*a* の値は，春から夏にかけて高く，一度低下して，再

び秋に高くなり，冬は低いことを報告した。COLIJN and DE JONGE (1984) は，オランダの Wadden Sea では，クロロフィル—a値は８月が最も高く，12—２月が最も低くなることを見出した。

このように，いずれの研究においても，海域は異なるものの，干潟のクロロフィル—aは夏季に最も高い値を示し，冬季に最も低くなることが明らかにされている。COLIJN and BUURT (1975) によれば，底生微小藻類の光合成速度は60,000lux までは光阻害を見せなかった。RASMUSSEN *et al.* (1983) は，底生微小藻類は，800μE・m^{-2}・s^{-1} まで光阻害を起こさず，９月の試料では，温度が高いほど（５—30℃の範囲）光合成速度は高かったと述べている。これらの結果から，底生微小藻類は，夏の干潟の表面でも光阻害を起こさず，高い水温に適応して高い光合成速度を維持することにより，活発に増殖することが考えられる。そのため，底生微小藻類の現存量は一般的に夏季に最も高くなると言える。

摘　　　要

1. 山口県大海湾の干潟上の３測点で，1982年６月から1984年２月にかけて６回，クロロフィル—aとフェオ色素の鉛直分布について研究した。干潟泥は深さ10㎝まで採取し，１㎝毎の色素量を蛍光法で測定した。同じ測点で得られた試料の内，一部の試料についてはそのままで，残りの試料については運動性の珪藻類である Epipelon，固着性の微小藻類である Epipsammon と残りの Detritus に分画し，各々の色素量を測定した。Epipelon は，レンズペーパー法で分画し，Epipsammon は，Epipelon を除いた残泥の砂礫部，Detritus は，残泥の懸濁部として分画した。

2. クロロフィル—aは，各季節とも，表面で最も多く，深くなるにつれて減少し，６—７㎝以深では１μg・cm^{-2} 以下であった。フェオ色素は，クロロフィル—aと同様，表面が最も多かった。しかし、アナアオサ類が堆積する測点では，７—８㎝深より再び増加した。

3. 干潟泥を，Epipsammon, Epipelon, Detritus の３分画に分けた結果，クロロフィル—aの50％以上が固着性の微小藻類である Epipsammon に由来することが明らかにされた。分画間の構成比は，深度にかかわらずほとんど一定であった。運動性の珪藻類である Epipelon は，量的に最も少ない分画であったが，夏季に増殖する傾向が認められた。

4. 鉛直分布の季節変化は明瞭でなかったが，夏季から秋季にかけて高く，冬季に低い傾向が見られた。この季節変化は，９—10㎝層でも弱いながら認められ，季節変化は少なくとも10㎝まで及ぶことが明らかにされた。

引　用　文　献

COLIJN, F. and G. VAN BUURT, 1975: Influence of light and temperature on the photosynthetic rate of marine benthic diatoms. Mar. Biol., **31**, 209–214.

Colijn, F. and K. S. Dijkema, 1981: Species composition of benthic diatoms and distribution of chlorophyll a on an intertidal flat in the Dutch Wadden Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser., **4**, 9–21.

Colijn, F. andV. N. de Jong, 1984: Primary production of microphytobenthos in the Ems-Dollard estuary. Mar. Ecol. Prog. Ser., **14**, 185–196.

Gargas, E., 1970: Measurements of primary production, dark fixation and vertical distribution of the microbenthic algae in the Øresund. Ophelia, **8**, 231–253.

Gargas, E., 1980: Production and photosynthetic efficiency of microalgae (phytoplankton and microbenthos) in a shallow Danish fjord. Vatten, **2**, 125–138.

Gargas, M. and E. Gargas, 1982: Growth physiological conditions of marine microalgae in the topmost 10 cm of the sediment. Vatten, **38**, 189–198.

Joint, I. R., J. M. Gee and R. M. Warwick, 1982: Determination of fine-scale vertical distribution of microbes and meiofauna in an intertidal sediment. Mar. Biol., **72**, 157–164.

Moss, B. and F. E. Round, 1967: Observations on standing crops of epipelic and epipsammic algal communities in Shear Water, Wilts. Br. phycol. Bull., **3**, 241–248.

Perkins, E. J., 1963: Penetration of light into littoral soils. J. Ecol., **51**, 687–692.

Rasmussen, M. B., K. Henriksen and A. Jensen, 1983: Possible causes of temporal fluctuations in primary production of the microphytobenthos in the Danish Wadden Sea. Mar. Biol., **73**, 109–114.

Steele, J. H. and I. E. Baird, 1968; Production ecology of a sandy beach. Limnol. Oceanogr., **13**, 14–25.

Tietjen, J. H., 1968: Chlorophyll and pheo-pigments in estuarine sediments. Limnol. Oceanogr., **13**, 189–192.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 20, 1986

ホンダワラ藻場造成に関する研究—II

人工採苗した幼体の移植と成熟親藻の投入によるホンダワラ類の生長

吉　川　浩　二

Studies on the Formation of *Sargassum* Beds. II

The Growth of Three *Sargassaceae* by Placed Blocks on the Bottom with Artificial Seedlings and Transplanted by Matured Plants.

Kôji Yoshikawa

The present research was carried out at the Matugahana point, Touwa town, Yashiro island of Hirishima bay by placing blocks on the bottom with artificial seedlings and transplanting matured plants of *Cystopyllum sisybrioides* J. Agardh, *Sargassum micracanthum* Yendo and *Sargassum serratifolium* C. Agardh for the observation of the growth. The growth of three *Sargassaceae* was surveyed during two years from April 26, 1983 to March 18, 1985.

The results obtained are as follows;

1). Three species of young plants were found on the block in three months and grew to thalli, thereafter.

2). All species of plants grew slowly for the first year from August 3, 1983 to July 25, 1984 and rapidly for the second year from July 25, 1984 to March 18, 1985. The faster growth of the second year's thalli was due to the buds from residual stem and root areas by regeneration.

3). The maximum in mean length of main shoot of *Cystophyllum sisymbrioides* J. Agardh and *Sargassum micracanthum* Yendo by placing blocks on the bottom with artificial seedlings was 72.3 cm and 71.9 cm respectively in March 18, 1985. The maximum in mean length of main shoot of *Cystophyllum sisymbrioides* J. Agardh and *Sargassum serratifolium* C. Agardh by transplanting matured plants was 48.0 cm and 116.9 cm respectively in February 1, 1985.

4). The growth rate of *C. sisymbrioides* and *S. micracanthum* by placing blocks with artificial seedlings was 3.1 mm/day and 2.5 mm/day, respectively during 236 days from July 25, 1984 to March 18, 1985. The growth rate of *C. sisymbrioides* and *S. serratifolium* by transplanting matured plants was 1.9 mm/day and 4.6 mm/day, respectively during 181 days from July 25, 1984 to February 1, 1985.

5). From the results mentioned above, the both metods was assumed to be effectual means of forming *Sargassum* beds.

筆者は，ホンダワラ類の生態観察の結果（吉川ら，1981，1982，1983）をもとに1982年以来既存藻場周辺に人工基質を設置して，藻場の拡大および再生産を目的とした群落の形成を実証する

1985年11月25日受理，南西海区水産研究所業績 第181号，〒739-04，広島県佐伯郡大野町
本研究はマリーンランチング計画にもとづいた成果である。MRP85-III-6-10.

とともに、藻場造成技術の開発をめざしている（吉川ら，1984，1985)。

ホンダワラ藻場の造成手法として，人工種苗を漁場で育成したり，親藻の移植により幼胚の着生を図る等によって，小規模な核となる藻場を造成し，これらを拡大する方法がある（斉藤，1980)。

この研究の第1報（吉川，1985）では，ヤツマタモク親藻をのり網で覆う方法により，海底に設置したブロック上にヤツマタモク優占のホンダワラ群落を形成させ，その生育密度と湿重量の変化および生長と成熟について報告した。

本報では，多年生ホンダワラ類のジョロモク，トゲモク，ノコギリモクを増殖対象種として選定し，それらの幼胚を人工採苗によりブロックへ着生させ，それ自体を移植した場合と，成熟親藻投入により幼胚をブロックへ着生させた場合の試験を行い，それらを約2年間にわたり追跡調査し，着生，生長，成熟，消長および再生長などについての知見を得たので報告する。

本報をまとめるにあたり，種々の御指導と本報告の校閲を賜った当研究所増殖部第二研究室長月舘潤一博士に感謝する。また，本研究に理解を示され，研究上の便宜を頂いた山口県内海水産試験場増殖科長河本良彦氏と，東和町漁業協同組合長風呂川盛勝氏はじめ組合理事諸氏に感謝の意を表する。

方　　法

試験は第1報（吉川，1985）と同じ山口県大島郡東和町伊保田松ヶ鼻地先で行った（**Fig. 1**)。実験場所は水深約5.5mで，流れは東西方向の恒流をかなり強く受ける。海底地形や周囲のホンダワラ類の生育状況等については第1報のヤツマタモク造成試験区とほぼ同じである。

実験には他海域で採集した3種の成熟親藻を使用し，人工採苗により幼胚を着生させたブロックを沈設する方法（以後，人工採苗した幼体の移植と称する）と，成熟親藻の投入により幼胚をブロックに着生させる方法（以後，成熟親藻の投入と称する）を用いた。

1.　人工採苗した幼体の移植

本移植方法は，あらかじめ人工採苗により増殖対象種の幼胚をブロックに着生させておき，それ自体を試験海域内に移植する方法である。

試験に用いたジョロモク，トゲモクは1983年3月16日愛媛県西宇和郡三崎町に自生する親藻を採集し，当研究所へ運搬後，水槽で流水培養した。約3週間後の4月7日から両種とも成熟した卵が観察されはじめた。そして，4月13～14日に水槽底へ採苗器材（建築用ブロック，40×19×15cm，以下人工採苗ブロックと称す）を置き，幼胚の自然落下による方法で採苗を行った。人工採苗ブロックの数は両種とも2基とした。

採苗終了後親藻を取り除き，人工採苗ブロックはそのまま流水下で養成管理した。幼胚は脱落もなく順調に生育し，約12日後には肉眼的に幼体と判明するまでに生長した。

人工採苗ブロックは，4月26日に自動車で運搬し，潜水により海底に沈設した。人工採苗ブロックは，各々2基づつを連鎖状にロープで縛り固定した。

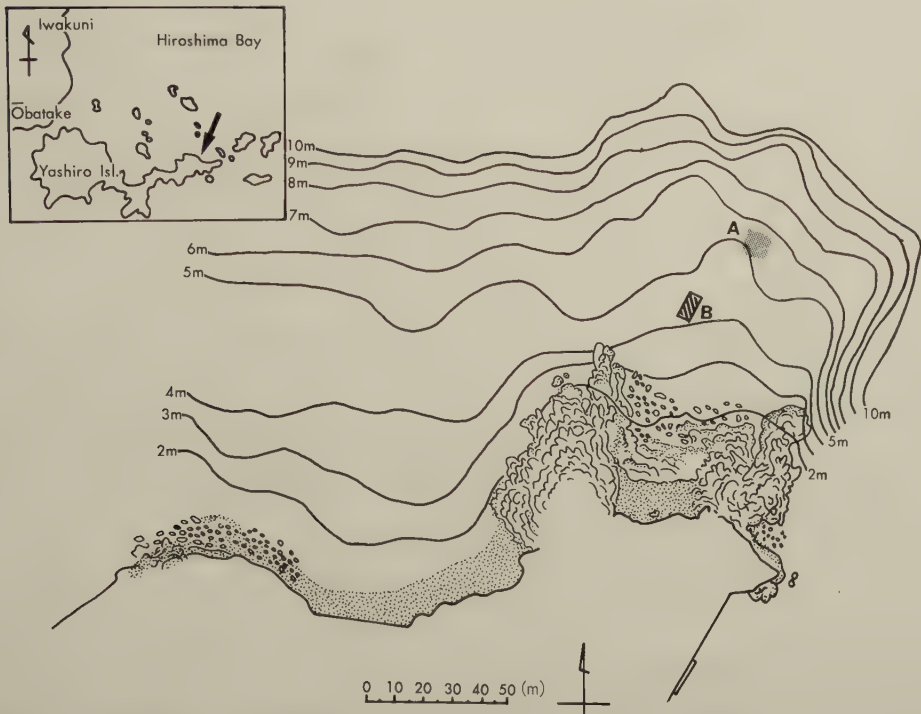


Fig.1 A map of Matugahana Point, showing the experimental site and depth contour line.
The Datum Level for soundings of Touwa toun……+1.760m
A……The experimental site in this studies.
B……The artificial *Sargassum* beds by a transplant of matured *Sargassum patens* C. AGARDH in 1982–1984.

2. 成熟親藻の投入

本移植方法は増殖対象種の成熟親藻を投入することにより，試験海域内へあらかじめ沈設したブロック上に幼胚を着生させる方法である。

投入試験にはジョロモクとノコギリモクを用いたが，その成熟親藻は愛媛県西宇和郡三崎町産で，1983年4月26日に自動車により試験場所へ運搬した。試験場所は人工採苗ブロックを沈設した場所と同じで，ここに1と同型の建築用ブロックを2基づつ敷設し，その上に各々の成熟親藻を数本束ねて置き，さらにのり網で被覆した（このブロックを以下，幼胚着生ブロックと称す)。

1. および2. はその後8月3日に観察を行ったところ，人工採苗ブロックではジョロモク，トゲモクとも幼体となり，幼胚着生ブロックではジョロモク，ノコギリモクとも幼体が多数着生していた。

追跡調査は，沈設した人工採苗ブロックおよび幼胚着生ブロックを潜水により船上まで運び，試験対象種について着生状況を観察するとともに，藻体の最大主枝長を測定した。また，個体生長を確実にとらえるため一部の藻体には撚糸や背骨型タッグによる標識を付して追跡調査を実施した。調査は1985年5月までの約2か年間で計13回実施した。

なお，生育環境として漁業者に委託して，調査海域に近い東和町伊保田漁港内の表層水温を毎

日9時に測定した（Fig. 2）。

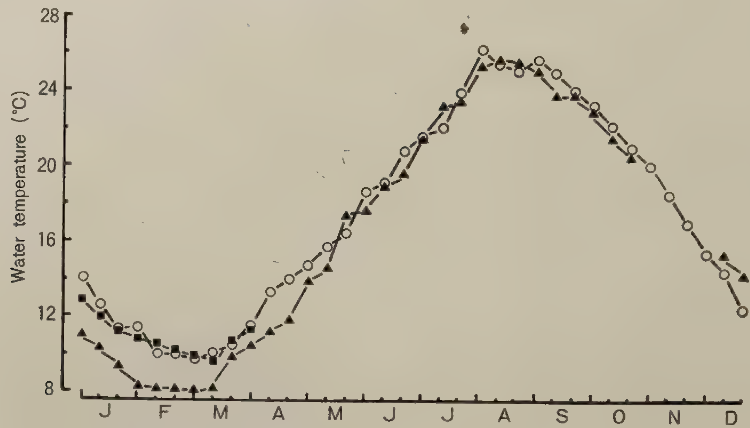


Fig. 2 Temperature of surface water at a fishery harbor near Matugahana Point
○ 1983　▲ 1984　■ 1985

結　　果

1. 人工採苗した幼体の移植

1983年4月26日の移植時にはジョロモク，トゲモクともその大きさは0.5cm以下で，肉眼視が可能な程度の大きさであった。移植後約3か月を経た8月3日には，ジョロモクは全長2.9～4.0cm，トゲモクは全長2.0～6.0cmの幼体となった。

以下，標識個体の測定結果にもとづいて，種毎の生長について述べる。

1） ジョロモク

ジョロモクの全長は，1983年10月4日には9.0～13.5cm，11月14日には4.0～16.0cm，12月21日には3.0～20.5cm，1984年2月9日には10.0～21.0cm，3月20日には14.0～21.0cmとなり，緩やかに生長した（Fig. 3）。

移植後約1年を経過した1984年5月23日および7月25日には，ジョロモクのほとんどは藻体の先端が流失し，根茎部が残存するのみで，生長も停止した。その後，残った根茎部から主枝が伸びて，全長は1984年10月31日には37.0～67.0cm，12月17日には52.0～83.0cm，1985年2月1日には35.0～103.0cm，3月18日には51.0～115.0cmと急速に生長した。3月18日には藻体は平均全長72.3cmで，最長となり，そして一部の藻体には生殖器床を形成していた。

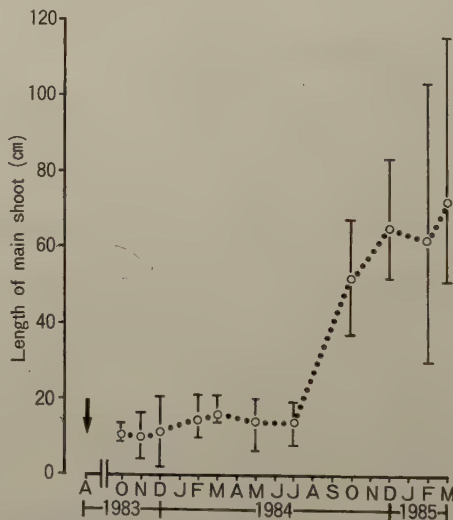


Fig. 3 The growth of *Cystophyllum sisymbrioides* J. Agardh by placing blocks on the bottom with artificial seedlings.
—○— The mean and the range of main shoots
→ Date of transplantation

2） トゲモク

トゲモクの藻体は，1983年8月3日以後12月21日までは緩やかに伸長した。藻体は10月4日には根茎部から2～5本の主枝が伸びるとともに，葉部の切れ込みが明確になった。12月21日以後，翌1984年7月25日の間は，生長の遅れた小さな藻体はわづかに生長したのに対して，生長の良かった藻体では枝先の流失したものが多かった。枝先の流失が特に著しいのは水温が上昇しはじめる3～5月にかけての間である。（Fig. 2） 12月21日以後3月20日までの間に藻体は根部の発達が顕著となり，ブロックへの着生面が広がるとともに着生力も強くなった（Fig. 4）。

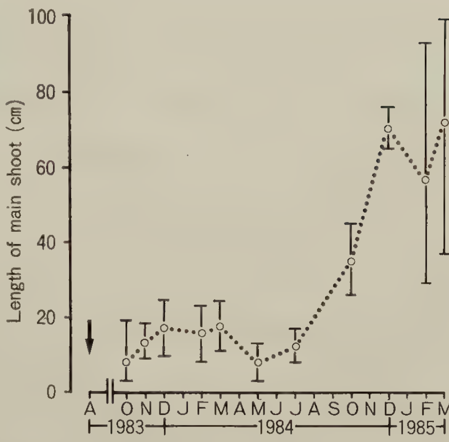


Fig. 4 The growth of *S. micracanthum* Yendo by placing blocks on the bottom with artificial seedlings.
—○— The mean and the range of main shoots
→ Date of transplantation

2年目の1984年7月25日以後，残存して比較的健全な根茎部より新たに発生した枝は急速に伸長した。また，多くの藻体は生長に伴って気胞を形成した。12月17日には，藻体の全長が65.0～76.0cmといずれもほぼ同じ大きさとなり，平均全長は69.8cmであった。1985年2月1日には藻体の平均全長は56.6cmとなって，全長77.0～93.0cmのかなり生長の良い藻体と全長32.0～55.0cmの生長の悪い藻体が混在した。生長の悪い藻体は伸長が緩慢な個体もあるが，多くは枝先欠損の個体であった。

3月18日には，藻体の平均全長は71.9cmとなり，最大に達した。そして，枝の先端部にすでに成熟した生殖器床を形成した藻体が全測定個体の約70％を占めた。5月28日には，全ての藻体は先端部が枯死流失した。しかしながら，残存する根茎部から，新らたに極く小さな枝がすでに突出し，再生長を開始していた。

2. 成熟親藻の投入

1983年4月26日に，ジョロモクとノコギリモク成熟藻体を束ねてブロック上に置いたが，約3か月を経た8月3日には両種とも幼体の着生が認められた。その時のジョロモクは全長3～10cm，主枝数が2～5本で，各々の主枝には羽状葉を形成していた。また，ノコギリモクは主枝長0.5cmと短かく，根もと近くにある偏厚した主枝には中肋が明瞭で，固くてゴツゴツした初期葉が突出していた。この時点で両種の形態は種としての特性をすでに示し，他のホンダワラ類の幼体との区別が容易であった。

以下，標識個体の測定結果にもとづいて種毎の生長について述べる。

1） ジョロモク

ジョロモクは8月3日以後の11月14日と12月21日の調査時には主枝および葉の伸長がほとんどなかった。その後，1984年2月9日，3月20日，5月23日の調査時でも，主枝はわづかに伸長したのみであった（Fig. 5）。

成熟親藻の投入後約1年を経過した1984年7月25日には，ジョロモク藻体の平均全長は13.5cm

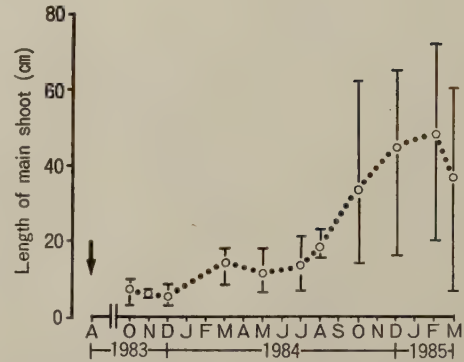


Fig. 5 The growth of *Cystophyllum sisymbrioides* J. AGARDH by transplanting matured plants.
—○— The mean and range of main shoots
→ Date of transplantation

となり，5月23日調査時に比べてわずかに伸長した。この後，藻体の平均全長は，10月31日には33.6cm，12月17日には45.1cm，1985年2月1日には48.7cmとなった。この期間中における藻体は徐々に伸長したが，主枝の伸長に加えて葉部が著しく発達するとともに，多数の気胞を形成した。また，茎部や盤状の根は太く，堅牢な肋骨状となった。3月18日には，ジョロモクは平均全長36.5cmであった。生長の良かった大型の藻体はそのほとんどに先端部の脱落した痕跡がみられた。一方，根茎部の瘤状となった部分から全長1.5～4.0cmとなった新生の主枝を有する藻体がかなり出現した。これは，1年目の夏季に残存根茎部に新生主枝を形成したが，その発生の様相とほぼ同じである。したがって，この時期はジョロモクの2年目の再生長終了時期であり，3年目の再生長開始時期でもある。

2）　ノコギリモク

ノコギリモクの藻体は1983年8月3日以後，11月14日と12月21日の調査時には主枝の伸長がほとんどなかった。しかし，初期葉の形成は著しく，2～4枚と増えていた。その後，1984年2月9日，3月20日，5月23日調査時には，主枝，葉ともにわずかに伸長していたのみであった（Fig. 6)。

成熟親藻の投入後約1年を経過した1984年7月25日には，藻体の平均全長は7.3cmとなった。5月23日以後ようやく主枝の伸長が始まったが，数本ある主枝の中で1本の限られた主枝がよく伸長していた。平均全長は1984年8月28日には19.2cm，10月31日には67.4cm，12月17日には95.2cm，1985年2月1日には116.9cmとなった。2月1日には155.0cmの最長個体もみられた。この期間中，残存した主枝は急速に発達して太くなり，その伸長も著しい。それに伴い葉や根部の発達も著しく，特に葉は切れ込みが深く，葉縁部には二重鋸歯を有して，移植親藻と同じ様相を呈した。基部はまだ小さいが，やや円錐状となり，かなり強固にブロックへ着生していた。気胞は球状で大きいが，多くはなかった。

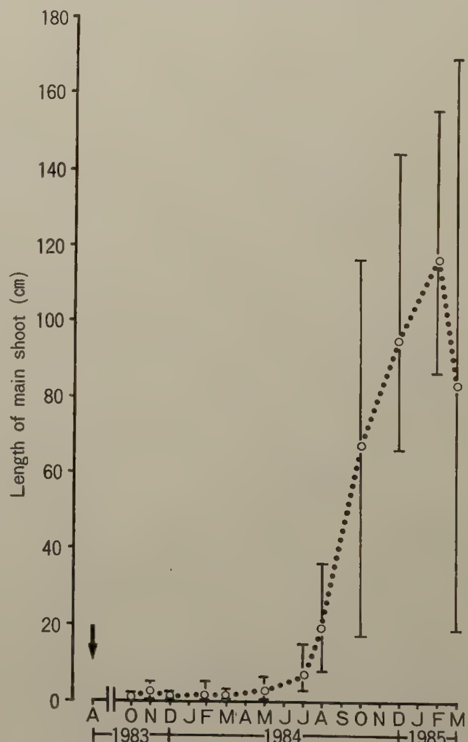


Fig. 6 The growth of *S. serratifolium* C. AGARDH by tansplanting matured plants.
—○— The mean and the range of main shoots
→ Date of transplantation

1985年2月1日には一部の藻体はすでに生殖器床を形成しているものの，主枝や葉はかなりもろく，若干のショックで折れたり，ブロックから離脱し易くなっていた。3月18日には藻体は伸長し続けたものと先端の枯死流失しはじめたものに大別された。全長169.0cmとなった個体も見られたが，藻体の平均全長は82.8cmとなり，2月1日に比べて下がった。測定した藻体の約65％におよぶ多くは枝の先端部に生殖器床を形成していた。しかし，生殖器床は未だ小さく，未成熟の状態であった。

3. 日間生長率について

ジョロモク，トゲモク，ノコギリモクの生長速度を知るため，1984年7月25日以後，3種が最も生長した時期における日間生長率を求め Table 1 に示した。

生長する期間は，人工採苗した幼体の移植の場合では3月18日までの236日間，成熟親藻の投入の場合では2月1日までの191日間と異なる。日間生長率は，前者の場合ではジョロモクが3.1

Table 1 The growth rate of tagged *Sargassaceae* in 1984–1985.

Species	Length (mm/day)	Duration	Method
Cystophyllum sisymbrioides	3.1	July 25–March 18, 236 days	By placing blocks on the bottom with artificial seedlings
S. micracanthum	2.5		
Cystophyllum sisymbrioides	1.9	July 25–February 1, 191 days	By transplanting matured plants on the blocks
S. serratifolium	4.6		

mm／日，トゲモクが2.5mm／日となったのに対して，後者の場合ではジョロモクが1.9mm／日，ノコギリモクが4.6mm／日となった。ジョロモクの日間生長率は，人工採苗した幼体の移植の方が成熟親藻の投入に比べてその値が大きかった。

考　　察

人工種苗を用いて屋外水槽で培養した場合のトゲモクの生長に関して森実ら（1983）は，平均全長が採苗後399日で7.2±2.1cmとなり，これ以後急生長を示し，597日で92.4±24.1cmに達したと報じ，また，吉川ら（1983）は平均最大主枝長が採苗後160日目で48cm，341日目で89cmに達した後，葉体が流失し，残存根茎部より発生した新生主枝の再生長がみられた（419日目）としている。

本試験におけるトゲモクは1年目の生長が極めて緩慢な点では森実ら（1983）の結果と一致するが，吉川ら（1983）の結果とは若干異なる。この点に関しては，本試験のように採苗直後より沖出しした場合と屋内水槽で培養した場合との差や，それに加えて藻体が受ける水温，光，流れや水質等の生育環境条件の差が大きいためと考えられる。

成熟親藻の投入によりブロック上に着生したジョロモクとノコギリモクは，約3か月を経た

1983年８月上旬には生長して幼体となった。それ以後から翌年５月下旬までの約９か月間（１年目）では，ジョロモクは緩やかではあるが生長し続け，ノコギリモクはほとんど生長していない。しかし，この間におけるノコギリモクは主枝の伸長よりも初期葉の発達が著しい。基部より突出した数枚の初期葉は11月中旬にはすでに10cm前後にもなり，成体の基部に形成する葉とほぼ同じ形態を示した。

２年目に入ると，両種の生長は初秋から冬にかけて急速となるが，ジョロモクでは藻体の下部より発生した新生の主枝が，ノコギリモクでは残存主枝と新生主枝が伸長して，生長様式に若干相違がみられた。

ジョロモクの生長について人工採苗ブロックの場合と成熟親藻の投入の場合を比べてみると，後者の方は２年目に入っても伸長が鈍く，藻体もやや小型の成体が多い。しかも，最繁茂期となる初夏になってもあまり大きく生長しなかった。しかしながら生長パターンは前者とほぼ同じであった。

ノコギリモクの生長をジョロモクやトゲモクの生長と比べてみると，方法は異なるが同一場所，同一生育環境下にあったにもかかわらず，ノコギリモクの藻体は１年目ではジョロモクやトゲモクよりもさらに緩慢な伸長を示すが，２年目に入ると残存主枝が急速に伸長する。この残存主枝の生長はジョロモクやトゲモクに比べてかなり速く，また，主枝の生長に伴って葉，主枝，気胞および根などが発達して藻体全体が顕著に大型化する。

日間生長率は，人工採苗した幼体の移植の場合では，トゲモクに比べてジョロモクの方が値が大きい。親藻移植の場合では，ジョロモクに比べてノコギリモクの方が値が大きい（Table 1)。３種とも水温が降下し始めると（Fig. 2）急速に生長するが，単に主枝が伸長するのみでなく，根や葉の生長が急速となり，それに伴って藻体重量も増加する。したがって，これらの数値は生長を表わすには必ずしも正確ではないが，一応個体の生長速度の目安となる。

日間生長率を求めた例として，谷口ら（1978）が飯田湾のノコギリモク藻体について，最も伸長する８～11月の間における日間生長率は13～25㎜／日と報告し，筆者ら（1983）が人工種苗トゲモクを用いて屋外水槽で養成した結果，８～４月の間における日間生長率は3.9㎜／日と報告した。また，高場（1982）のジョロモク生態調査結果から日間生長率を算出してみると，７～１月の間におけるその値は4.4㎜／日となった。これら３種の日間生長率は本試験結果の日間生長率よりも大きく，かなりの差がある。これは屋外水槽内での培養，屋外調査および移植，成熟親藻投入等の方法の差や，測定した藻体の年級群の違い等の差異が関与していると考えられる。

人工採苗した幼体の移植と成熟親藻の投入との方法の違いはあっても，ジョロモク，トゲモク，ノコギリモクは藻体の消失もなく，成体となるまで一応生長した。しかしながら，同一生育環境条件下で３種に生長差がみられるのは，根，茎，枝など種のもつ特性（大きさ，形など）が異なることはもちろんのこと，着生力や寿命などを含めた生物学的要因の相違によるものといえる。それに加えて，水温や光や流れおよび生育水深などの生育環境条件が相乗したためと考えられる。

ノコギリモクの生長が際立って良い理由は，生育水深要因による影響が強くあらわれているためと考えられる。本海域の生態調査によると，ノコギリモクは水深5m以上の比較的深い場所に

自生するが，ジョロモクとトゲモクは水深 4m 以浅の場所にしか自生せず，明らかに水深によって生育の場が区分されている。

多年生藻体の生長に関しては，発生一生長一枯死流失一再生長のサイクルを約２か年間しか追跡していない。したがって，種の持つ特性をさらに明らかにするためには，長期（数年間）にわたって観察する必要があると考えられる。

要　　約

多年生ホンダワラ類のジョロモク，トゲモク，ノコギリモクを増殖対象種として選定し，それらの幼胚を人工採苗によりブロックに着生させそれを移植した場合と，成熟親藻の投入により幼胚をブロックへ着生させた場合の移植試験を1983年４月26日に山口県大島郡東和町伊保田松ケ鼻地先において行った。

その結果，次のことが明らかとなった。

1．移植後約３か月を経た1983年８月３日に，人工採苗した幼体の移植ではジョロモクもトゲモクも生長して幼体となり，同様に成熟親藻の投入ではジョロモクもノコギリモクも幼体となって幼胚着生ブロック上に多数着生した。

2．どちらの方法でも，３種の生長は１年目では緩慢であったが，２年目に入ると初秋から春にかけて残存根茎部より発生した主枝が急速に伸長した。

3．藻体が最大となるのは，人工採苗した幼体の移植では1985年３月で，その時の藻体平均全長は，ジョロモクが72.3cm，トゲモクが71.9cmであった。同様に，成熟親藻の投入では２月で，ジョロモクが48.7cm，ノコギリモクが116.9cmであった。

4．３種のホンダワラ類の日間生長率は，人工採苗した幼体の移植ではジョロモクが3.1mm／日，トゲモクが2.5mm／日となり，成熟親藻の投入ではジョロモクが1.9mm／日，ノコギリモクが4.6mm／日となった。

5．ホンダワラ藻場の造成手法には，両方法とも群落形成技術として有効であろうと推察される。

文　　献

斉藤雄之助，1980：藻場造成技術の基礎的考え方，第２回増養殖場造成事業報告会議講演集，水産庁振興部，347—361.

高場　稔，1982：安芸灘西部黒島におけるホンダワラ類の生長，昭和57年度南西海区水研ブロック会議藻類研究会資料（プリント），１—８.

谷口和也・山田悦正，1978：能登飯田湾における褐藻ヤツマタモクとノコギリモクの生態，日本海区水産研究所報告，(29)，239—253.

森実庸男・高崎紹典，1983：ネジモク・トゲモクの群落生態，有用海藻群落，近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究（マリーンランチング計画），昭和57年度研究成績報告書，117—127.

吉川浩二・月舘潤一，1981：ホンダワラ類群落の構成と消長，有用海藻群落，近海漁業資源の家魚化システム

の開発に関する総合研究（マリーンランチング計画），昭和55年度研究成績報告書，41—104.
———・———，1982：————————————，————，——————————
——————————————，昭和56年度研究成績報告書，31—99.
———・———，1983：————————————，————，——————————
——————————————，昭和57年度研究成績報告書，39—127.
———・———，1984：人工基質投入による藻場の拡大，有用海藻群落，近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究（マリーンランチング計画），昭和58年度研究成績報告書，79—89.
———・———，1985：————————————，————，——————————
——————————————，昭和59年度研究成績報告書，69—86.
吉川浩二，1985：ホンダワラ藻場造成に関する研究—Ⅰ，ヤツマタモク親藻移植による藻場造成，南西海区水産研究所報告，(18)，15—23.

別 途 発 表 業 績

Titles and abstracts of separately issued contributions

土佐湾の大陸棚および大陸斜面域における底生魚類相の水深別区分

堀川博史・通山正弘

Faunal Zones of Demersal Fish across the Continental Shelf to Slope in Tosa Bay, South-Western Japan by Hiroshi HORIKAWA and Masahiro TORIYAMA

1985年10月22日受理　南西海区水産研究所　業績第175号
日本水産学会誌　第51巻８号　1275—1280頁（1985）に掲載

抄　　録

土佐湾で水深に伴う底生魚類相変化の調査を行い，その資料をクラスター分析した結果，水深30—100m・100—165m・165—400m の互いに異質な３水帯が分離された。水深の増加に伴う種数累積曲線からもその結果が裏付けられたが，出現種は隣接する水帯間で30—40％重複しており，中間の水帯は推移帯と推定された。種多様度は大陸棚から推移帯にかけて高く，大陸斜面上部で低い。種多様度は均等性要素に大きく影響を受け，大陸斜面上部では優占種アオメエソが種多様度を低下させている。

太平洋中部・南部沖合底びき網漁業漁獲統計年報　昭和58年1—12月

通山　正弘・岸田　周三・堀川　博史

Catch statistics by fishing area on offshore trawl fisheries in central and southern Pacific Waters along Japan, January-December 1983 by Masahiro TORIYAMA, Shuzo KISHIDA and Hiroshi HORIKAWA

1985年11月20日受理　資料第14号　113 p.

抄　　　録

1983年1—12月の間に太平洋中部・南部海域を漁場とする沖合底びき網漁業者が農林水産大臣に提出した漁獲成績報告書の集計結果である。内容は漁業種類ごとの漁船規模及び船籍県別の着業統数・航海数・操業日数・ひき網回数・漁獲量などの月別統計，緯経度10分ます目による漁区別のひき網回数・主要魚種別漁獲量などの漁場別統計と，これらの資料から計算された資源量指数・有効漁獲努力量・漁獲努力の有効度の一覧表などに解説を付したものである。

1983年のひき網回数は，1そうびきでは前年に比べて6％増加して24,382回となったが，2そうびきでは12％減少して10,581回となった。漁獲量は，1そうびきではひき網回数の増加にもかかわらず7％減少して4,413トンなった。また，2そうびきではひき網回数と同様に12％減少して6,918トンとなった。魚種別にみると，経年的に減少傾向にあるものはマダイ，チダイ，キダイ，アオメエソ，マエソなどで，増加しつつあるものにはニギス，イボダイ，カマス類，カイワリ，ワキヤハタなどがあげられる。

太平洋中部・南部沖合底びき網漁業漁獲統計年報　昭和59年１—12月

岸田　周三・通山　正弘・堀川　博史

Catch statistics by fishing area on offshore trawl fisheries in central and southern Pacific waters along Japan, January-December 1984 by Shuzo KISHIDA, Masahiro TORIYAMA and Hiroshi HORIKAWA

1985年11月20日受理　資料第15号　87 p.

抄　　　録

1984年１—12月の間に太平洋中部・南部海域を漁場とする沖合底びき網漁業者が農林水産大臣に提出した漁獲成績報告書を集計し，その結果に解説を付したものである。集計項目は小漁区別・魚種別の漁獲統計と，資源量指数・有効漁獲努力量・漁獲努力の有効度などを一覧表にしたものである。また，今年度は現存量推定のための基礎資料として，土佐沖・豊後水道・北日向灘の小漁区別・水深別の面積を推定し，付表として掲載した。

1984年のひき網回数は，１そうびきでは前年より２％減少して23,951回，２そうびきでは５％減少して10,034回となった。漁獲量は，１そうびきでは２％増加して4,481トンとなったが，２そうびきでは前年よりさらに12％減少して6,060トンと漸減傾向を続けている。１網当り漁獲量の経年変動をみると，近年減少傾向にある魚種には，タイ類，エソ類，ウマヅラハギなどがあり，増加傾向にある魚種には，イボダイ，カマス類，カイワリなどがあげられる。

BULLETIN OF THE NANSEI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

is issued each year with or two numbers. All communications relating tn this Bulletin should be addressed to Director. Exchange of publication will be highly appreciated.

Address

The Nansei Regional Fisheries Research Laboratory
Director & Administrative Section
Inland Sea Fishery Resources Research Division
Aquaculture Research Division
Red-tide Research Division
7782-9 Maruishi, Ôno-chô, Saeki-gun
Hiroshima-ken, 739-04, Japan

Offshore Fishery Resources Research Division
Oceanogaphic Research Division
6-1-21 Sanbashi-dōri, Kōchi-ken, 780 Japan

〔非売品〕

昭和61年3月20日 印 刷　　昭和61年3月25日 発 行

広島県佐伯郡大野町丸石7782—9
発行者　南西海区水産研究所
篠 岡 久 夫

印刷所　株式会社 中本本店印刷

南西水研報
Bull Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 20 1986

Contents

Titles of separately issued contributions